



**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

**TUGAS AKHIR - RG141536**

**OPTIMASI SEBARAN TITIK GCP DAN ICP PADA PROSES  
ORTOREKTIFIKASI CITRA RESOLUSI TINGGI UNTUK  
PEMBUATAN PETA SKALA 1:5.000  
(STUDI KASUS: 1 SCENE CITRA PLEIADES 033  
LUMAJANG)**

**ACHMAD RIZAL AL AMIN**  
NRP 3513 100 081

**DOSEN PEMBIMBING**  
Dr.-Ing. Ir. TEGUH HARIYANTO, M.Sc  
AKBAR KURNIAWAN, S.T., M.T.

**JURUSAN TEKNIK GEOMATIKA  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2017**





**FINAL ASSIGNMENT - RG141536**

**OPTIMIZATION GCP AND ICP DISTRIBUTION POINT IN  
PROCESS ORTHORECTIFIED HIGH IMAGE RESOLUTION  
FOR A MAP SCALE 1: 5.000  
(CASE STUDY: 1 SCENE PLEIADES IMAGE 033  
LUMAJANG)**

**ACHMAD RIZAL AL AMIN  
NRP 3513 100 081**

**SUPERVISOR  
Dr.-Ing. Ir. TEGUH HARIYANTO, M.Sc  
AKBAR KURNIAWAN, S.T., M.T.**

**GEOMATICS ENGINEERING DEPARTMENT  
CIVIL ENGINEERING AND PLANNING FACULTY  
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY  
SURABAYA  
2017**

***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***

**OPTIMASI SEBARAN TITIK GCP DAN ICP PADA  
PROSES ORTOREKTIFIKASI CITRA RESOLUSI  
TINGGI UNTUK PEMBUATAN PETA SKALA 1:5.000  
(STUDI KASUS: 1 SCENE CITRA PLEIADES 033  
LUMAJANG)**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
Pada  
Program Studi S-1 Teknik Geomatika  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

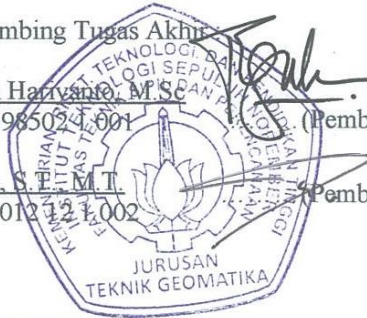
Oleh:

**ACHMAD RIZAL AL AMIN**

NRP. 3513100081

Disetujui oleh pembimbing Tugas Akhir:

1. Dr.-Ing. Ir. Teguh Hariyanto, M.Sc.  
NIP. 1959 0819 1985024 001 (Pembimbing I)
2. Akbar Kurniawan, S.T., M.T.  
NIP. 1986 0518 2012 12 1 002 (Pembimbing II)



**SURABAYA, JANUARI 2017**

***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***

**OPTIMASI SEBARAN TITIK GCP DAN ICP PADA  
PROSES ORTOREKTIFIKASI CITRA RESOLUSI  
TINGGI UNTUK PEMBUATAN PETA SKALA 1:5.000  
(STUDI KASUS: 1 SCENE CITRA PLEIADES 033  
LUMAJANG)**

Nama Mahasiswa : Achmad Rizal Al Amin  
NRP : 3513 100 081  
Jurusan : Teknik Geomatika, FTSP – ITS  
Dosen Pembimbing : 1. Dr.-Ing. Ir. Teguh Hariyanto, M.Sc  
2. Akbar Kurniawan, S.T., M.T.

**Abstrak**

*Di era teknologi yang berkembang pesat, berbagai metode survei telah banyak digunakan salah satunya dengan cara penginderaan jauh menggunakan satelit. Sebagaimana diketahui bahwa proses perekaman citra satelit diliput dari wahana (satelit) yang bergerak di atas permukaan bumi pada ketinggian ratusan kilometer, sehingga menyebabkan citra satelit memiliki distorsi geometrik. Untuk mengurangi pengaruh distorsi geometrik objek pada citra, dilakukan koreksi geometrik dengan cara ortorektifikasi.*

*Pleiades merupakan satelit penghasil citra satelit resolusi tinggi yang dibuat oleh perusahaan Airbus Defence & Space. Citra satelit yang dihasilkan memiliki resolusi spasial 0,5 meter.*

*Sebagai acuan bagi kegiatan pemanfaatan ruang yang lebih rinci dalam Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW), maka dibuat Rencana Detail Tata Ruang (RDTR) dengan peta skala 1:5.000 yang telah diatur oleh Badan Informasi Geospasial (BIG 2015).*

*Dalam proses ortorektifikasi citra satelit untuk pembuatan peta skala 1 : 5000 ini, digunakan titik kontrol tanah atau Ground Control Point (GCP) untuk proses koreksi geometris dan data Digital Elevation Model (DEM).*

*Pada penelitian ini, didapat jumlah optimal penggunaan GCP untuk proses ortorektifikasi pada metode Rational Function sebanyak 21 GCP dengan menggunakan polinomial orde 2.*

***Kata Kunci---Ortorektifikasi, Citra Satelit, GCP, Rational Function, Polinomial***



**OPTIMIZATION GCP AND ICP DISTRIBUTION POINT  
IN PROCESS ORTHORECTIFIED HIGH IMAGE  
RESOLUTION FOR A MAP SCALE 1: 5.000  
(CASE STUDY: 1 SCENE PLEIADES IMAGE 033  
LUMAJANG)**

Student Name : Achmad Rizal Al Amin  
NRP : 3513 100 081  
Departement : Geomatics Engineering, FTSP – ITS  
Supervisor : 1. Dr.-Ing. Ir. Teguh Hariyanto, M.Sc  
2. Akbar Kurniawan, S.T., M.T.

**Abstract**

*In this era, variety of survey method has been used, such as satellite remote sensing. As we know that satellite remote sensing process was covered from satellite that move over the surface of the earth at several hundred kilometers, causing satellite image has geometric distortion. To reduce the object geometric distortion effect on image, geometric correction was chosen by means of orthorectified*

*Pleiades is high-resolution remote sensing satellite created by Airbus Defence & Space. Satellite image that generated has 0.5 meters spatial resolution.*

*As a reference for detailed space utilization activities on Spatial Plan (RTRW), then Detailed Spatial Plan (RDTR) is created by map with scale 1: 5,000 which has been set by Geospatial Information Agency (BIG 2015).*

*In the satellite image otorectifycation process for create map with scale 1:5000, Ground Control Point (GCP) and Digital Elevation Model (DEM) is used for geometric correction process.*

*In this research, obtained the optimal amount of GCP for ortorectification process in Rational Function method is 21 GCP using second-order polynomial*

***Keywords--- Orthorectification, Satellite Imagery, GCP, Rational Function, Polynomial***

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa karena atas limpahan rahmat dan karunia-Nya, sehingga tugas akhir dengan judul **“Optimasi Sebaran Titik GCP dan ICP Pada Proses Ortorektifikasi Citra Resolusi Tinggi untuk Pembuatan Peta Skala 1:5.000 (Studi Kasus: 1 Scene Citra Pleiades 033 Lumajang)** dapat diselesaikan dengan lancar dan tepat waktu.

Tugas akhir ini diajukan untuk memenuhi salah satu persyaratan akademik yang wajib ditempuh untuk menyelesaikan studi S1 Jurusan Teknik Geomatika, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.

Penulis mengucapkan rasa terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dan memberikan dukungan dalam penyelesaian tugas akhir ini. Ucapan terima kasih ditujukan kepada:

1. Kedua orang tua penulis atas segala dukungan yang diberikan selama ini.
2. Bapak Dr.-Ing. Ir. Teguh Hariyanto, M.Sc. dan Akbar Kurniawan, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing yang telah banyak meluangkan waktu untuk memberikan pencerahan kepada penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
3. Bapak Mokhamad Nur Cahyadi, ST., M.Sc., D.Sc. selaku Ketua Jurusan Teknik Geomatika ITS.
4. Bapak Yanto Budisusanto, ST, M.Eng selaku Ketua Program Studi S1 Teknik Geomatika ITS.
5. Semua dosen di Jurusan Teknik Geomatika yang telah meluangkan waktu untuk memberikan saran dan masukan dalam penelitian ini.
6. Rekan-rekan Teknik Geomatika ITS 2013 yang selalu memberikan banyak masukan, saran, dan dukungan sampai saat ini. Beserta segenap pihak-pihak lain yang telah banyak berjasa dan membantu penulis, yang tidak dapat

disebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan tugas akhir ini masih memiliki banyak kekurangan, maka penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun guna penyempurnaan tugas akhir ini kedepannya.

Akhir kata, semoga tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca pada umumnya dan mahasiswa Jurusan Teknik Geomatika pada khususnya.

Surabaya, Januari 2017

Penulis

## DAFTAR ISI

Abstrak .....	v
Abstract .....	vii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI .....	xi
DAFTAR GAMBAR .....	xiii
DAFTAR TABEL .....	xviii
DAFTAR RUMUS .....	xixx
DAFTAR LAMPIRAN .....	xxi
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah .....	2
1.3 Batasan Masalah .....	3
1.4 Tujuan.....	3
1.5 Manfaat.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Penginderaan Jauh .....	5
2.2 Satelit Pleiades.....	7
2.3 <i>Global Positioning System</i> (GPS).....	10
2.4 <i>Digital Elevation Model</i> (DEM).....	122
2.4.1 DEM TerraSAR-X .....	13
2.5 Ortorektifikasi.....	155
2.5.1 Distribusi Titik Kontrol Tanah dan Titik Uji Lapangan .....	166
2.5.2 Model Matematis <i>Rational Function</i> .....	188
2.6 Skala Peta .....	211
2.5.1 Skala Peta 1 : 5000 .....	22
2.7 <i>Root Mean Square Error</i> (RMSE).....	22
2.8 Perangkat Lunak Pengolahan .....	23
2.8 Penelitian Terdahulu.....	25
BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....	277
3.1 Lokasi Penelitian .....	277
3.2 Data dan Peralatan .....	28

3.2.1 Data .....	28
3.2.2 Peralatan .....	28
3.3 Metodologi Penelitian.....	28
BAB IV HASIL DAN ANALISIS .....	33
4.1 Pemilihan Lokasi Titik Kontrol Tanah .....	35
4.2 Penentuan Jumlah Titik Kontrol Tanah dan Jumlah Model.....	37
4.3 Pembuatan Model Jumlah dan Distribusi Titik Kontrol Tanah .....	38
4.4 Hasil Pengukuran GCP dan ICP .....	64
4.5 Analisa Ketelitian <i>Data Elevation Model</i> (DEM) .....	66
4.6 Hasil RMSE Ortorektifikasi.....	73
4.7 Analisa Ketelitian Planimetris .....	79
4.7.1 Analisis Ketelitian Planimetris <i>Rational Function</i> Orde 1 .....	80
4.7.2 Analisis Ketelitian Planimetris <i>Rational Function</i> Orde 2 .....	81
4.7.3 Analisis Ketelitian Planimetris <i>Rational Function</i> Orde 3 .....	82
4.8 Analisa Ketelitian Jarak dan Uji Statistik T-Test .....	83
4.9 Analisa Citra Hasi Ortorektifikasi .....	88
4.9.1 Perubahan Size Pixel Citra .....	88
4.9.2 Hilangnya Objek Perairan (Lautan).....	90
4.9.3 Pergeseran Posisi Pixel Citra.....	91
4.9.4 Timbulnya Objek dengan Ketinggian Tinggi.....	93
BAB V PENUTUP .....	9595
5.1 Kesimpulan .....	9595
5.2 Saran .....	9596
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	
BIOGRAFI PENULIS	

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Sistem penginderaan Jauh .....	5
Gambar 2.2 Satelit Pleiades-1A .....	8
Gambar 2.3 Metode Statik.....	12
Gambar 2.4 Satelit TerraSAR-X dan Tandem-X .....	13
Gambar 2.5 Distribusi dan Jarak Ideal antar Titik Uji .....	17
Gambar 2.6 Gambar Residual dan RMS <i>Error</i> Pertitik .....	23
Gambar 2.7 Berbagai metode pengolahan foto dan citra pada <i>PCI Geomatica</i> .....	24
Gambar 3.1 Lokasi penelitian .....	27
Gambar 3.2 Diagram alir penelitian .....	29
Gambar 3.3 Diagram alir proses pengolahan data.....	30
Gambar 4.1 Distribusi dan Jarak Ideal antar Titik Uji (Dimodifikasi dari NSSDA) .....	36
Gambar 4.2 Lokasi GCP 033_54 di Citra (kiri),dan Foto Pengukuran GCP di Lapangan (kanan).....	37
Gambar 4.3 Lokasi GCP 033_23 di Citra (kiri),dan Foto Pengukuran GCP di Lapangan (kanan).....	37
Gambar 4.4 Persebaran Ideal Titik Uji Tanah.....	39
Gambar 4.5 Titik uji buatan pada pengukuran real time .....	40
Gambar 4.6 a). Citra Resolusi tinggi b). Area Citra c). Persebaran Titik Hasil Pengukuran.....	41
Gambar 4.7 Peta Persebaran Titik GCP Model 1 .....	42
Gambar 4.8 Peta Persebaran Titik GCP Model 2.....	43
Gambar 4.9 Peta Persebaran Titik GCP Model 3.....	44
Gambar 4.10 Peta Persebaran Titik GCP Model 4.....	45
Gambar 4.11 Peta Persebaran Titik GCP Model 5.....	46
Gambar 4.12 Peta Persebaran Titik GCP Model 6.....	47
Gambar 4.13 Peta Persebaran Titik GCP Model 7 .....	48
Gambar 4.14 Peta Persebaran Titik GCP Model 8.....	49
Gambar 4.15 Peta Persebaran Titik GCP Model 9 .....	50
Gambar 4.16 Peta Persebaran Titik GCP Model 10.....	51
Gambar 4.17 Peta Persebaran Titik GCP Model 11 .....	52
Gambar 4.18 Peta Persebaran Titik GCP Model 12.....	53

Gambar 4.19 Peta Persebaran Titik GCP Model 13 .....	54
Gambar 4.20 Peta Persebaran Titik GCP Model 14 .....	55
Gambar 4.21 Peta Persebaran Titik GCP Model 15 .....	56
Gambar 4.22 Peta Persebaran Titik GCP Model 16 .....	57
Gambar 4.23 Peta Persebaran Titik GCP Model 17 .....	58
Gambar 4.24 Peta Persebaran Titik GCP Model 18 .....	59
Gambar 4.25 Peta Persebaran Titik GCP Model 19 .....	60
Gambar 4.26 Peta Persebaran Titik GCP Model 20 .....	61
Gambar 4.28 Peta Persebaran Titik GCP Model 21 .....	62
Gambar 4.28 Peta Persebaran Titik GCP Model 22 .....	63
Gambar 4.29 Grafik Ketelitian Posisi Horizontal Titik Kontrol Tanah dari Pengukuran GPS .....	64
Gambar 4.30 Grafik Ketelitian Posisi Vertikal Titik Kontrol Tanah dari Pengukuran GPS .....	65
Gambar 4.31 Ilustrasi Data DEM dan Cakupan Wilayah Penelitian .....	66
Gambar 4.32 <i>Quality Report</i> DEM 1607-51 .....	67
Gambar 4.33 <i>Quality Report</i> DEM 1607-52 .....	68
Gambar 4.34 <i>Quality Report</i> DEM 1607-53 .....	69
Gambar 4.35 <i>Quality Report</i> DEM 1607-54 .....	70
Gambar 4.36 <i>Quality Report</i> DEM 1608-21 .....	71
Gambar 4.37 <i>Quality Report</i> DEM 1608-22 .....	72
Gambar 4.38 Grafik nilai RMS <i>Error</i> GCP dan ICP Orde 1 (dalam meter) .....	78
Gambar 4.39 Grafik nilai RMS <i>Error</i> GCP dan ICP Orde 2 (dalam meter) .....	78
Gambar 4.40 Grafik nilai RMS <i>Error</i> GCP dan ICP Orde 3 (dalam meter) .....	79
Gambar 4.41 Sampel Jarak pada uji ketelitian jarak .....	84
Gambar 4.42 Persebaran Titik Sampel .....	89
Gambar 4.43 Perbedaan Bentuk Pixel Sebelum dan Sesudah Ortorektifikasi .....	90



Gambar 4.44 Perubahan Citra Sebelum dan Sesudah Ortorektifikasi dengan Hilangnya Objek Lautan.....	91
Gambar 4.45 Bentuk Relief Citra Sebelum Ortorektifikasi ..	92
Gambar 4.46 Perubahan Relief Citra Setelah Ortorektifikasi	92
Gambar 4.47 Objek Gunung Yang Terlihat Rebah Sebelum Proses Ortorektifikasi .....	93
Gambar 4.48 Objek Gunung yang Terangkat/ Timbul setelah Proses Ortorektifikasi .....	94

***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Spesifikasi Pleiades-1A .....	9
Tabel 2.2 Metode-metode penentuan posisi dengan GPS .....	11
Tabel 2.3 Fakta Teknis TerraSAR-X .....	14
Tabel 2.4 Akurasi Vertikal DEM TerraSAR-X .....	15
Tabel 2.5 Ketelitian Geometri Peta RBI .....	21
Tabel 2.6 Ketentuan Ketelitian Geometri Peta RBI	
Berdasarkan Kelas .....	22
Tabel 4.1 Model Jumlah GCP dan ICP .....	38
Tabel 4.2 Ketelitian Geometri Peta Skala 1:5000 .....	65
Tabel 4.3 Ketelitian DEM pada LE90 .....	73
Tabel 4.4 Nilai RMS <i>Error</i> GCP dan ICP Orde 1	
(dalam meter) .....	75
Tabel 4.5 Nilai RMS <i>Error</i> GCP dan ICP Orde 2	
(dalam meter) .....	76
Tabel 4.6 Nilai RMS <i>Error</i> GCP dan ICP Orde 3	
(dalam meter) .....	77
Tabel 4.7 Ketentuan Ketelitian Geometri Peta RBI	
Berdasarkan Kelas .....	79
Tabel 4.8 Analisa Planimetris <i>Rational Function</i> Orde 1 .....	80
Tabel 4.9 Analisa Planimetris <i>Rational Function</i> Orde 2 .....	81
Tabel 4.10 Analisa Planimetris <i>Rational Function</i> Orde 3 ....	82
Tabel 4.11 Hubungan Polinomial Orde 1, 2, Dan 3 dengan	
Kelas Ketelitian Peta Secara Geometris .....	83
Tabel 4.12 Jarak Hasil Perhitungan .....	85
Tabel 4.13 Nilai RMSE Jarak Model 3 dengan 9 GCP Orde 1	
.....	85
Tabel 4.14 Nilai RMSE Jarak Model 7 dengan 21 GCP Orde 2	
.....	85
Tabel 4.15 Nilai RMSE Jarak Model 13 dengan 41 GCP Orde	
3 .....	86
Tabel 4.16 Hasil Uji t-test pada Sampel Jarak Barat (titik 033_104)	
ke Timur (titik 033_69) pada $\alpha=5\%$ .....	87

Tabel 4.15 Hasil Uji t-test pada Sampel Jarak Barat (titik 033_104) ke Timur (titik 033_69) pada $\alpha=10\%$ .....	87
Tabel 4.18 Perbandingan Ukuran Pixel Sebelum dan Sesudah Ortorektifikasi.....	89

## DAFTAR RUMUS

Rumus 2.1 Bentuk umum dari <i>Rational Function</i> .....	18
Rumus 2.2 Persamaan umum <i>Rational Function</i> (Toutin, 2004).....	18
Rumus 2.3 Polinomial Orde 1 <i>Rational Function</i> .....	19
Rumus 2.4 Polinomial Orde 2 <i>Rational Function</i> .....	19
Rumus 2.5 Polinomial Orde 3 <i>Rational Function</i> .....	19
Rumus 2.6 Persamaan X Polinomial Orde 1 <i>Rational</i> <i>Function</i> .....	20
Rumus 2.7 Persamaan Y Polinomial Orde 1 <i>Rational</i> <i>Function</i> .....	20
Rumus 2.8 Persamaan X Polinomial Orde 2 <i>Rational</i> <i>Function</i> .....	20
Rumus 2.9 Persamaan Y Polinomial Orde 2 <i>Rational</i> <i>Function</i> .....	20
Rumus 2.10 Persamaan X Polinomial Orde 3 <i>Rational</i> <i>Function</i> .....	20
Rumus 2.11 Persamaan Y Polinomial Orde 3 <i>Rational</i> <i>Function</i> .....	20
Rumus 2.12 Persamaan ( <i>Roor Mean Square Error</i> ) RMSE ....	23

***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***

## **DAFTAR LAMPIRAN**

- Lampiran 1. Peta Sebaran Titik Ideal 9 GCP, 21 GCP, 41 GCP
- Lampiran 2. Raw Data GPS
- Lampiran 3. Informasi BIG tentang Aspek Perpetaan untuk  
Penyusunan Rencana Detail Tata Ruang (RDTR)
- Lampiran 4. Peraturan SNI 8202-2015
- Lampiran 5. CD

***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***



# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Di era teknologi yang berkembang pesat, berbagai metode survei telah banyak digunakan salah satunya dengan cara penginderaan jauh menggunakan satelit. Penginderaan jauh adalah suatu pengamatan obyek suatu daerah tanpa melalui kontak langsung dengan obyek tersebut (Lillesand dkk. 2004). Saat ini perkembangan teknologi penginderaan jauh mampu menghasilkan citra beresolusi tinggi. Sebagaimana diketahui bahwa proses perekaman citra satelit diliput dari wahana (satelit) yang bergerak di atas permukaan bumi pada ketinggian ratusan kilometer, sehingga menyebabkan citra satelit memiliki distorsi geometrik. Untuk mengurangi pengaruh distorsi geometrik objek pada citra dilakukan koreksi geometrik dengan cara ortorektifikasi. Ortorektifikasi adalah proses memposisikan kembali citra sesuai lokasi sebenarnya yang disebabkan karena pada saat peliputan data terjadi pergeseran (*displacement*) posisi.

Sebagai acuan bagi kegiatan pemanfaatan ruang yang lebih rinci dari kegiatan pemanfaatan ruang yang diatur dalam Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW), maka dibuat Rencana Detail Tata Ruang (RDTR) dengan peta skala 1:5.000 yang telah diatur oleh Badan Informasi Geospasial (BIG). Digunakan skala 1:5.000, dikarenakan pada peta skala lebih besar atau sama dengan 1:5.000, selain blok, juga akan tergambar unsur lainnya seperti saluran dan pagar.

Pleiades merupakan satelit penghasil citra satelit resolusi tinggi yang dibuat oleh perusahaan *Airbus Defence & Space*. Satelit Pleiades menghasilkan data citra satelit dalam dua moda, yaitu moda pankromatik dan moda multispektral. Citra satelit dalam moda pankromatik mempunyai resolusi spasial 0,5 meter dengan jumlah band yaitu 1 band (pankromatik), sedangkan citra satelit dalam moda multispektral mempunyai resolusi spasial 2 meter dengan jumlah band yaitu 4 band (VNIR – *Visible Near Infra Red*). Citra satelit ini memiliki spesifikasi yang bagus, sehingga sering digunakan dalam perencanaan survei dan pembuatan peta tematik. Citra satelit ini

sangat bagus untuk pembuatan peta skala 1:5.000 dengan ketelitian horizontal yang dibutuhkan sebesar 0,5-2,5m (BIG 2015).

Dalam proses ortorektifikasi citra satelit ini, digunakan titik kontrol tanah atau *Ground Control Point* (GCP) untuk koreksi geometris posisi x dan y. GCP ini memiliki peran penting untuk mengkoreksi data dan memperbaiki keseluruhan citra. Tingkat akurasi titik kontrol tanah sangat bergantung pada jenis GPS yang digunakan dan jumlah sampel titik terhadap lokasi dan waktu pengambilan (Hasyim 2009). Untuk pembuatan peta skala 1:5.000, digunakan *receiver* GPS geodetik metode statik dengan lama pengamatan 30-45 menit (BIG 2015). Untuk penambahan informasi posisi z, ditambahkan data *Digital Elevation Model* (DEM). DEM adalah data digital yang menggambarkan geometri dari bentuk permukaan bumi atau bagiannya yang terdiri dari himpunan titik – titik koordinat hasil sampling dari permukaan bumi dengan algoritma yang mendefinisikan permukaan tersebut menggunakan himpunan koordinat (Tempfli 1991). Untuk pembuatan peta skala 1:5.000, dapat digunakan DEM dengan akurasi vertikal 5-10 meter (BIG 2015).

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh jumlah GCP dengan pola sebaran merata yang digunakan dalam proses ortorektifikasi citra terhadap ketelitian objek yang dianalisa dengan melihat perubahan posisi *Independent Check Point* (ICP). Selain itu juga akan dicari berapa GCP minimal atau batasan pada proses ortorektifikasi yang masuk toleransi sesuai resolusi citra satelit dan juga akan dicari batasan GCP sehingga penambahan GCP pada proses ortorektifikasi tidak mempengaruhi besar skala dari citra yang dihasilkan dengan memperhatikan *Root Mean Square Error* (RMSE) yang dihasilkan.

## **1.2 Perumusan Masalah**

Perumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Berapa jumlah GCP minimal pada proses ortorektifikasi untuk menghasilkan nilai RMSE yang masuk dalam toleransi?

2. Berapa jumlah jumlah GCP pada setiap polinomial sehingga penambahan GCP pada proses ortorektifikasi tidak mempengaruhi besar skala citra secara signifikan?
3. Bagaimana hubungan antara jumlah GCP dengan skala peta citra yang dihasilkan secara geometrik dengan berbagai tingkatan orde polynomial?
4. Berapa jumlah GCP paling optimal pada proses ortorektifikasi untuk pembuatan peta skala 1:5000

### **1.3 Batasan Masalah**

Batasan-batasan masalah yang akan dibahas pada tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Citra yang digunakan adalah citra satelit penginderaan jauh Pleiades-1A dengan resolusi spasial 0,5 meter.
2. Wilayah penelitian adalah Kabupaten Lumajang bagian timur pada citra scene 033 Lumajang.
3. Model matematis ortorektifikasi yang digunakan adalah Rational Function menggunakan polinomial orde 1, 2, dan 3.
4. Data DEM yang digunakan adalah DEM SRTM/X-SAR dari satelit TerraSAR-X dengan akurasi vertikal 6 meter.
5. Model yang dibuat sebanyak 22 model jumlah GCP dari data pengukuran tanah sebanyak 74 buah.
6. Pada penelitian, faktor yang dinilai hanyalah jumlah dan distribusi GCP. Sehingga pengaruh luas citra yang digunakan pada penelitian ini masih diabaikan.

### **1.4 Tujuan**

Adapun maksud dan tujuan penulisan tugas akhir ini, antara lain:

1. Mendapatkan jumlah GCP minimal pada proses ortorektifikasi untuk menghasilkan nilai RMSE GCP yang masuk dalam toleransi.
2. Mendapatkan jumlah GCP pada setiap polinomial sehingga penambahan GCP pada proses ortorektifikasi tidak mempengaruhi besar skala citra secara signifikan.

3. Mendapatkan hubungan antara jumlah GCP dengan skala peta citra yang dihasilkan secara geometrik dengan berbagai tingkatan orde polinomial.
4. Mendapatkan jumlah GCP paling optimal pada proses ortorektifikasi untuk pembuatan peta skala 1:5000.

### **1.5 Manfaat**

Manfaat yang dapat diperoleh dari pelaksanaan tugas akhir ini, antara lain:

1. Memberikan saran tentang optimalisasi jumlah penggunaan titik pengukuran tanah (GCP dan ICP) untuk pembuatan peta dengan berbagai skala yang diinginkan.
2. Memberikan informasi tentang optimalisasi penggunaan polinomial setiap orde terhadap skala peta yang dihasilkan.
3. Data citra hasil ortorektifikasi secara praktis dapat digunakan untuk pembuatan peta detil skala 1 : 5000.

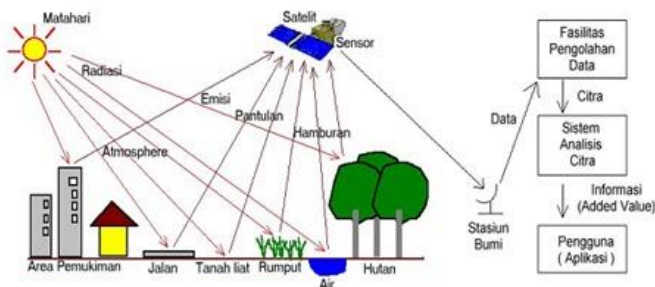
## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Penginderaan Jauh

Penginderaan jauh (*remote sensing*) adalah ilmu dan seni untuk memperoleh informasi tentang suatu objek, daerah, atau fenomena melalui analisis data yang diperoleh dengan suatu alat tanpa kontak langsung dengan objek daerah atau fenomena yang dikaji (Lillesand dkk. 2000).

Sistem penginderaan jauh sebenarnya bekerja dalam dua domain, yaitu domain elektromagnetik dan domain ruang. Pada prinsipnya setiap benda memantulkan atau memancarkan gelombang elektromagnetik. Apabila pada suatu luasan tertentu terdapat beberapa jenis benda, maka masing-masing benda memberikan pantulan dan atau pancaran elektromagnetik yang dapat diterima oleh suatu sensor. Dengan demikian, kehadiran suatu benda dideteksi berdasarkan pantulan atau pancaran elektromagnetik yang dilakukan oleh benda itu, asal karakteristik pantulan atau pancaran elektromagnetiknya telah diketahui (Danoedoro 1996).



Gambar 2.1 Sistem penginderaan Jauh  
(Sumber: Sutanto, 1994)

Pengumpulan data penginderaan jauh dilakukan dengan menggunakan alat pengindra atau alat pengumpul data yang

disebut sensor. Berbagai sensor pengumpul data dari jarak jauh, umumnya dipasang pada wahana yang berupa pesawat terbang, balon, satelit, atau wahana lainnya. Objek yang diindera adalah objek yang terletak dipermukaan bumi, di atmosfer (dirgantara) dan di antariksa. Pengumpulan data dari jarak jauh tersebut dapat dilakukan dalam berbagai bentuk, sesuai dengan tenaga yang digunakan. Tenaga yang digunakan dapat berupa variasi distribusi (*distribution*) daya, distribusi gelombang bunyi, atau distribusi gelombang elektromagnetik. Data penginderaan jauh dapat berupa citra (*imaginery*), grafik, dan data numerik. Data tersebut dapat dianalisis untuk mendapatkan informasi tentang objek, daerah, atau fenomena yang diindera atau diteliti. Proses penerjemahan data menjadi informasi disebut analisis atau interpretasi data. Apabila penerjemahan tersebut dilakukan secara digital dengan bantuan komputer disebut interpretasi digital (Purwadhi dan Hardiyati 2001).

Analisis data penginderaan jauh memerlukan data rujukan seperti peta tematik, data statistik, dan data lapangan. Hasil analisis yang diperoleh berupa informasi mengenai bentang lahan, jenis penutup lahan, kondisi lokasi, dan kondisi sumber daya daerah yang diindera. Keseluruhan proses mulai dari pengambilan data, analisis data hingga penggunaan data disebut Sistem Penginderaan Jauh (Purwadhi dan Hardiyati 2001).

Dalam penginderaan jauh, dikenal juga istilah resolusi atau *resolving power* dimana merupakan kemampuan suatu sistem optik elektronik untuk membedakan informasi yang secara spasial berdekatan atau secara spektral (Danoedoro 1996). Ada beberapa jenis resolusi yang umum diketahui dalam penginderaan jauh yaitu resolusi spasial, resolusi spektral, resolusi temporal, dan resolusi radiometrik, yang dijelaskan sebagai berikut:

1. Resolusi spasial yaitu ukuran objek terkecil yang mampu direkam, dibedakan dan disajikan pada citra. Resolusi spasial menunjukkan level dari detail yang ditangkap oleh sensor. Semakin detail sebuah studi, semakin tinggi pula resolusi spasial yang diperlukan. Resolusi spasial selalu

erat hubungannya dengan ukuran piksel dari citra yang digunakan. Resolusi biasanya disajikan sebagai sebuah nilai tunggal yang merepresentasikan panjang dari satu sisi sebuah bujur sangkar. Misalnya, sebuah resolusi spasial dari 30 meter mengandung arti bahwa satu piksel mewakili sebuah area 30 x 30 meter di lapangan. Jika pikselnya berbentuk persegi panjang, maka itu akan diwakili dengan sebuah dimensi tinggi dan lebar (contoh: 50 x 65 meter).

2. Resolusi spektral adalah daya pisah objek berdasarkan besarnya spektrum elektromagnetik yang digunakan untuk merekam data. Resolusi spektral menunjukkan lebar kisaran dari masing-masing band spektral yang diukur oleh sensor. Semakin banyak jumlah saluran atau kanal-kanalnya semakin tinggi kemampuannya dalam mengenali objek.
3. Resolusi temporal menunjukkan waktu antar pengukuran, atau dalam kata lain kemampuan suatu sistem untuk merekam ulang daerah yang sama. Satuan resolusi temporal adalah jam atau hari.
4. Resolusi radiometrik adalah kemampuan sensor dalam mencatat respons spektral objek atau kemampuan sensor untuk mendeteksi perbedaan pantulan terkecil.

## **2.2 Satelit Pleiades**

Satelit optis Pleiades dikembangkan dan diluncurkan oleh *AIRBUS Defense and Space*, Perancis. Diluncurkan melalui roket Russia Soyuz STA di Pusat Peluncuran Guiana, Kourou. Satelit ini dibedakan berdasarkan 2 tipe sensor yaitu Pleiades-1A dan Pleiades 1B.



Gambar 2.2 Satelit Pleiades-1A  
(Sumber: AIRBUS Defence & Space, tanpa tahun)

Dalam penelitian ini, digunakan citra satelit Pleiades-1A yang diluncurkan pada 16 Desember 2011. Satelit Pleiades-1A mampu memberikan data terortorektifikasi pada resolusi 0,5 meter (kira-kira sebanding dengan GeoEye-1) dan meninjau kembali setiap titik di bumi (*revisit time*) pada cakupan 1 juta kilometer persegi (sekitar 386,102 mil persegi) setiap hari. Pleiades-1A mampu memperoleh citra stereo resolusi tinggi hanya dalam satu siklus, dan dapat mengakomodasi daerah yang luas (hingga 1.000 km x 1.000 km). Satelit Pleiades-1A memiliki empat band spektral (biru, hijau, merah, dan IR), serta akurasi 3 meter (CE90) tanpa titik kontrol tanah. CE90 adalah ukuran ketelitian geometrik horizontal yang didefinisikan sebagai radius lingkaran yang menunjukkan bahwa 90% kesalahan atau perbedaan posisi horizontal objek di peta dengan posisi yang dianggap sebenarnya tidak lebih besar dari radius tersebut. Akurasi lokasi citra satelit ini dapat ditingkatkan sampai dengan 1 meter dengan menggunakan GCP.



Data citra satelit Pleiades-1A ini penulis dapat langsung dari BIG, namun data tersebut juga dapat dibeli di situs resmi *Satellite Imaging Corporation*.

Tabel 2.1 Spesifikasi Pleiades-1A

(Sumber: LAPAN, 2015)

Mode Pencitraan	Pankromatik	Multispektral
Resolusi Spasial Pada Nadir	0,5 meter GSD pada nadir	2 meter GSD pada nadir
Jangkauan Spektral	480 – 830 nm	Biru (430 – 550nm) Hijau (490 – 610nm) Merah (600 – 720nm) IR dekat (750 – 950nm)
Lebar Sapuan	20 km pada nadir	
Pencitraan <i>Off-Nadir</i>	Hingga 47 derajat Tersedia opsi pemilihan sudut ketinggian	
Jangkauan Dinamik	12 bit per piksel	
Masa Aktif Satelit	Perkiraan hingga lebih dari 5 tahun	
Waktu Pengulangan	Setiap 1 hari	
Ketinggian Orbit	694 km	
Waktu Lintasan Equatorial	10:15 A.M	
Orbit	sinkron matahari	
Harga	€. 10 per km <sup>2</sup> untuk data arsip €. 17 per km <sup>2</sup> untuk perekaman baru	
Luas Pemesanan	Minimum 25 km <sup>2</sup> untuk data arsip (jarak lebar min. 500m) Minimum 100 km <sup>2</sup> untuk perekaman baru (jarak lebar min. 5km)	
Level Proses	Primer dan Ortho	
Tingkat Akurasi	3 meter tanpa GCP (CE90) Hingga kurang dari 1 meter dengan GCP	

### **2.3 Global Positioning System (GPS)**

GPS adalah sistem radio navigasi dan penentuan posisi dengan menggunakan satelit yang dimiliki dan dikelola oleh Departemen Pertahanan Keamanan Amerika Serikat. Sistem ini didesain untuk memberikan posisi dan kecepatan tiga dimensi dan informasi mengenai waktu secara kontinu. GPS terdiri dari tiga segmen utama, segmen angkasa (*space segmen*) yang terdiri dari satelit-satelit GPS, segmen sistem kontrol (*control segment*) yang terdiri dari stasiun-stasiun pemonitor dan pengontrol satelit, dan segmen pemakai (*user segment*) yang terdiri dari pemakai GPS termasuk alat-alat penerima dan pengolah sinyal data GPS.

NAVSTAR GPS (Navigation Satellite Timing and Ranging Global Positioning System) adalah satelit yang berbasis pada sistem navigasi radio yang menyediakan informasi posisi, navigasi, dan waktu yang teliti kepada sejumlah pengguna. Sistem ini secara terus-menerus tersedia di seluruh dunia, dan tidak bergantung pada kondisi meteorologi. GPS sudah dikembangkan di Amerika Serikat sejak tahun 1973, dengan akses yang diutamakan untuk keperluan militer, dan akses yang terbatas untuk pengguna sipil. GPS telah digunakan untuk solusi dari masalah geodesi sejak sekitar tahun 1983. Penataan satelit GPS ini telah direncanakan sedemikian rupa sehingga setidaknya empat satelit secara kontinyu terlihat diatas cakrawala, di mana pun posisi di bumi selama 24 jam sehari. (Seeber, 2003).

Satelit GPS memancarkan sinyal pada peralatan yang berada di permukaan bumi. *Receiver* GPS menerima secara pasif sinyal satelit dan tidak memancarkan sinyal. GPS memerlukan ruang terbuka, sehingga hanya digunakan diluar ruangan (*outdoor*), dan kadang tidak bekerja dengan baik pada wilayah yang berhutan atau dekat bangunan tinggi. Cara kerja GPS bergantung pada referensi waktu yang sangat akurat, yang terdapat pada jam atom di *U.S. Navy Seal Observatory*. Tiap satelit GPS memiliki jam atom didalamnya.

Metode penentuan posisi dengan GPS dapat dikelompokkan atas beberapa metode yaitu *absolute*, *differential*, *static*, *rapid static*, *pseudo-kinematic*, dan *stop-and-go*. Adapun perbedaan dari masing-masing metode tersebut, dapat dilihat pada Tabel 2.2 berikut ini.

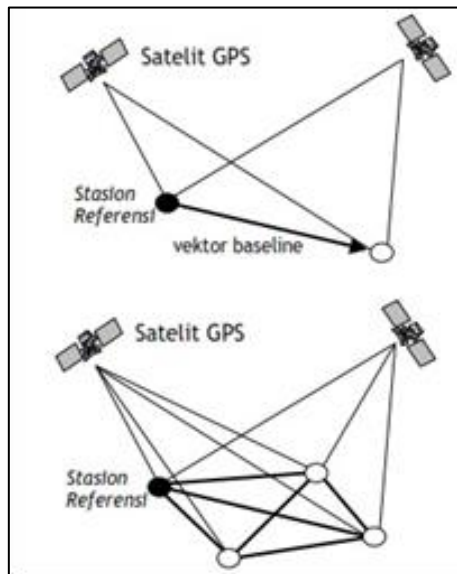
Tabel 2.2 Metode-metode penentuan posisi dengan GPS  
(sumber: Seeber 2003)

Metode	<i>Absolute</i> (1 <i>receiver</i> )	<i>Differential</i> (min. 2 <i>receiver</i> )	Titik	<i>Receiver</i>
Static	√	√	Diam	Diam
Pure Kinematic	√	√	Bergerak	Bergerak
Rapid Static	-	√	Diam	Diam (singkat)
Semi Kinematic	-	√	Diam	Diam & bergerak

Dalam penelitian ini, digunakan metode penentuan posisi secara statik (*Static Positioning*) yang merupakan penentuan posisi dari titik yang statik (diam). Penentuan posisi ini dapat dilakukan secara diferensial dengan menggunakan data *pseudorange* (data fase) dengan waktu pengamatan, yaitu  $\pm 30-45$  menit. Pengamatan dengan GPS dilakukan baseline per baseline selama selang waktu tertentu dalam suatu jaringan dari titik-titik yang ditentukan koordinatnya. Dibandingkan dengan metode *relative kinematic*, ukuran lebih kepada suatu titik pengamatan yang diperoleh dengan metode statik biasanya lebih banyak. Hal ini menyebabkan keandalan dan ketelitian posisi yang diperoleh umumnya relatif lebih tinggi (mencapai orde mm dan cm). Salah satu bentuk implementasi dari metode penentuan posisi statik yang populer adalah survei GPS untuk penentuan koordinat dari titik-titik kontrol untuk keperluan pemetaan ataupun pemantauan fenomena deformasi geodinamika.

Pada survei dengan GPS, pemrosesan data GPS untuk menentukan koordinat dari titik-titik dalam jaringan umumnya akan mencakup tiga tahapan perhitungan, yaitu:

1. Pengolahan data dari setiap *baseline* dalam jaringan
2. Perataan jaringan yang melibatkan semua *baseline* untuk menentukan koordinat dari titik-titik dalam jaringan. Transformasi koordinat dari titik-titik tersebut dari datum WGS 84 ke dalam datum yang diperlukan oleh pengguna.
3. Penyajian data hasil pengukuran



Gambar 2.3 Metode Statik  
(sumber: Abidin 1995)

## 2.4 Digital Elevation Model (DEM)

*Digital Elevation Model* (DEM) adalah data digital yang menggambarkan geometri dari bentuk permukaan bumi atau bagiannya yang terdiri dari himpunan titik – titik koordinat hasil sampling dari permukaan bumi dengan algoritma yang

mendefinisikan permukaan tersebut menggunakan himpunan koordinat (Tempfli 1991).

#### **2.4.1 DEM TerraSAR-X**

TerraSAR-X dan Tandem-X adalah satelit observasi bumi komersial Jerman *Synthetic Aperture Radar* (SAR), yang masing-masing diluncurkan pada bulan Juni 2007 dan Juni 2010. Kedua satelit memiliki umur hidup yang dijadwalkan selama 5 tahun. Namun, pada bulan Mei 2014 diumumkan bahwa kedua satelit menampilkan status kesehatan yang sangat baik dengan instrumen radar bekerja optimal dan status baterai yang luar biasa. Harapan hidup satelit TerraSAR-X dan radar Tandem-X diperpanjang menjadi lebih dari 5 tahun, memungkinkan pengiriman data SAR sampai tahun 2018.

TerraSAR-X dan Tandem-X menawarkan fitur operasional yang luar biasa yang belum tersedia dari sumber data ruang angkasa sebelumnya. Desain satelit didasarkan pada teknologi yang didirikan dan pengetahuan yang sukses dicapai pada *Synthetic Aperture Radar* SIR-C/X-SAR dan misi SRTM. Satelit ini membawa X-band sensor SAR berfrekuensi tinggi, yang dapat dioperasikan secara fleksibel.



Gambar 2.4 Satelit TerraSAR-X dan Tandem-X  
(Sumber: Airbus Defence and Space, 2015)

Dua satelit ini dioperasikan dalam penerbangan formasi rapat dengan jarak hanya beberapa ratus meter. Bersama-sama mereka memperoleh basis data untuk WorldDEM™ *Digital Elevation Model* (DEM) global, sehingga mendapatkan kombinasi tak tertandingi dari cakupan, akurasi, dan kualitas data yang dihasilkan.

Berikut merupakan fakta teknis dari satelit TerraSAR-X.

Tabel 2.3 Fakta Teknis TerraSAR-X

(Sumber: Airbus Defence and Space Geo-Intelligence Programme Line, 2014)

Fakta Teknis TerraSAR-X	
Umur Operasional	5 tahun, untuk kedua satelit (TerraSAR-X dan tandem-X) dan karena kondisi satelit yang masih baik, umur hidupnya diperpanjang operator DLR sampai tahun 2018 (Status: April 2014).
Orbit	<i>Sun-synchronous</i>
Periode	11 Hari
GMT	<i>18:00 hrs ascending pass (<math>\pm 0.25h</math>), 06:00 hrs descending pass (<math>\pm 0.25h</math>)</i>
Inklinasi	97.44°
<i>Altitude</i> pada Ekuator	514 km (319.8 miles)
Tipe Antena	<i>Active Phases Array Antenna, electronically separable</i>
Ukuran Antena	4.78 m x 0.7 m (15.7 feet x 2.3 feet)
Frekuensi Pusat	9.65 GHz (X band)
<i>Chirp Bandwidth</i>	150 MHz / 300 MHz
Arah Akuisisi	Sisi Kanan

Dalam tabel berikut, akan dijelaskan tentang akurasi vertikal data *Digital Elevation Model* (DEM) dari beberapa produk yang dihasilkan oleh TerraSAR-X.

Tabel 2.4 Akurasi Vertikal DEM TerraSAR-X

(Sumber: Airbus Defence and Space Geo-Intelligence Programme Line, 2014)

Produk DEM	Akurasi Vertikal		Ukuran Grid	Limitasi
	Relatif	Absolut	Busur Detik	
SRTM/X-SAR	6 m	16 m	1"	<i>+/- 60° with gaps</i>
SRTM	8 m	16 m	3"	<i>+/- 60°</i>
ERS-tandem	20 m	30 m	1"	<i>Limited availability</i>
DTED-1	20 m	30 m	3"	<i>Limited availability</i>
GLOBE	Bervariasi dari 10-100 m		30"	Tidak ada pembatasan, kualitas buruk

Dalam penelitian ini, digunakan data DEM SRTM/X-SAR dengan ketelitian relatif 6 meter. Hal ini sesuai untuk informasi posisi z pada peta skala 1:5.000 sesuai ketentuan BIG yang bernilai 5-10 meter. Data DEM ini penulis dapat langsung dari BIG, namun data tersebut juga dapat dibeli di situs resmi Airbus Defence and Space.

## **2.5 Ortorektifikasi**

Sebagaimana diketahui bahwa proses perekaman citra satelit diliput dari wahana (satelit) yang bergerak di atas permukaan bumi pada ketinggian ratusan kilometer, sehingga menyebabkan citra satelit memiliki distorsi geometrik. Untuk mengurangi pengaruh distorsi geometrik objek pada citra dilakukan koreksi geometrik dengan cara ortorektifikasi. Ortorektifikasi adalah proses memposisikan kembali citra sesuai lokasi sebenarnya yang disebabkan karena pada saat peliputan data terjadi pergeseran (*displacement*) posisi (Leksono dan Susilowati, 2008).

Ketelitian hasil koreksi geometrik citra sangat bergantung pada jumlah GCP yang dilibatkan dalam proses perhitungannya serta ketepatan dalam melakukan identifikasi posisi GCP di citra. Agar hasil koreksi geometrik dapat memenuhi standar ketelitian

yang diharapkan, maka penggunaan GCP harus dengan jumlah yang cukup dengan pendistribusiannya tersebar secara merata.

### **2.5.1 Distribusi Titik Kontrol Tanah dan Titik Uji Lapangan**

*Ground Control Point* (GCP) atau titik kontrol tanah adalah titik lokasi yang diketahui atau diidentifikasi dalam ruang nyata (di tanah), dan GCP digunakan untuk verifikasi posisi fitur peta. GCP berfungsi sebagai titik sekutu antara sistem koordinat peta dan sistem koordinat foto. *Independent Check Point* (ICP) atau titik uji akurasi adalah sebagai kontrol kualitas dari obyek dengan cara membandingkan koordinat model dengan koordinat sebenarnya.

Pemilihan GCP dan ICP sendiri dilakukan dengan cara melihat posisi objek dengan kenampakan alam yang jelas seperti perempatan sawah, pojok bangunan, dan lain sebagainya. Objek tersebut harus jelas terlihat dicitra, maupun dilapangan tanpa halangan seperti tertutup pohon.

Dalam proses ortorektifikasi diperlukan GCP yang tersebar secara merata pada daerah pemetaan. Sebaran GCP tergantung pada desain jaringan yang dibuat pada proses pengadaan GCP. Desain GCP yang ideal pada setiap *scene* citra adalah dengan memperhitungkan faktor di atas yaitu tersebarnya GCP secara merata pada cakupan areal pemetaan (setiap *scene* citra) yang akan digunakan dalam proses ortorektifikasi citra.

Adapun ketentuan persebaran titik GCP dan ICP adalah sebagai berikut:

1. Sebaran GCP atau titik kontrol tanah
 

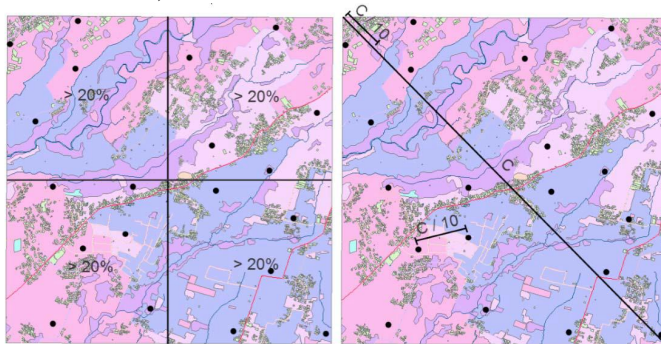
Titik ini merupakan titik kontrol tanah yang digunakan dalam koreksi citra ortorektifikasi. Syarat penentuan sebaran titik kontrol tanah adalah sebagai berikut:

  - a. Pada sisi perimeter area citra
  - b. Pada tengah area/*scene*
  - c. Pada wilayah perbatasan/overlap *scene* citra
  - d. Tersebar secara merata dalam area citra



- e. Menyesuaikan kondisi terrain
2. Sebaran ICP atau titik uji akurasi  
Merupakan titik kontrol tanah yang akan digunakan sebagai titik uji hasil ortorektifikasi. Syarat persebaran ICP adalah obyek yang digunakan sebagai titik uji harus memiliki sebaran yang merata di seluruh area yang akan diuji.

Sebaran titik uji ketelitian geometri menggunakan aturan distribusi titik uji, area yang akan di uji dibagi menjadi 4 (empat) kuadran dengan distribusi ideal titik uji di setiap kuadran setidaknya sejumlah 20% (persen) dari keseluruhan jumlah titik uji ( $n$ ). Jarak antar titik uji dengan interval minimal 10% (persen) dari jarak diagonal ( $C$ ) kumpulan data. (SNI 8202:2015).



(a) Distribusi ideal titik uji    (b) Jarak ideal antar titik uji

Gambar 2.5 Distribusi dan Jarak Ideal antar Titik Uji

(Dimodifikasi dari NSSDA)

(sumber : SNI 8202:2015)

Pada peneleitian kali ini digunakan persebaran GCP yang merata (tidak mengumpul dipusat) dari sisi terluar, yaitu tanpa adanya sisi terluar yang kosong tanpa adanya GCP. Sehingga semua ICP tercover berada didalam titik GCPnya.

### **2.5.2 Model Matematis Rational Function**

*Rational function* merupakan model matematika sederhana yang mencerminkan korelasi antara pixel dengan poisisi di tanah. Penggunaan model ini digunakan ketika tidak mempunyai informasi yang diperlukan untuk model matematika secara khusus (*rigorous*), seperti karena; sensor model yang berbeda, citra secara geometrik telah diproses, penyedia data telah melakukan perhitungan model matematikanya serta terdistribusi pada citra, atau tidak mempunyai citra secara keseluruhan (merupakan hasil potongan).

*Rational function math model* dapat secara lebih akurat penggunaannya dibandingkan jika kita menggunakan model matematika polynomial atau thinplate spline terutama untuk hubungannya dengan faktor ketinggian. Walaupun begitu kita akan lebih banyak membutuhkan tiitk control tanah (GCP) dalam pemrosesannya.

*Rational Function* melakukan transformasi antara gambar dan ruang objek melalui rasio polinomial 3D. Bentuk umum dari *Rational Function* dapat ditulis sebagai (Whiteside, 1997; OGC, 1999; Madani, 1999; Tao and Hu, 2000; Tao and Hu, 2001b) :

$$x = \frac{P1(X,Y,Z)}{P2(X,Y,Z)} \quad y = \frac{P3(X,Y,Z)}{P4(X,Y,Z)} \dots\dots\dots (2.1)$$

Persamaan umumnya (Toutin, 2004) :

$$R_{3D}(x,y) = \frac{\sum_{i=0}^m \sum_{j=0}^n \sum_{K=0}^p a_{ijk} X^i Y^j Z^k}{\sum_{i=0}^m \sum_{j=0}^n \sum_{K=0}^p b_{ijk} X^i Y^j Z^k} \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana :  $X, Y, Z$  adalah koordinat permukaan tanah;  
 $i, j, K$  adalah kenaikan integer;  
 $m, n$  dan  $p$  adalah nilai-nilai integer; dan  
 $m+n+p$  adalah orde polinomial.

$a_{ijk}$  adalah koefisien polinomial yang disebut *Rational function*. Salah satu perbedaan penting dari *Rational function* adalah bahwa kedua koordinat citra (x, y) dan koordinat objek (X, Y, Z) dinormalisasi agar sesuai berkisar dari -1 ke +1 Untuk meminimalkan kesalahan selama perhitungan dan untuk meningkatkan stabilitas numerik dari persamaan.

Pada *Rational function*, polinomial orde 1,2 dan 3 membutuhkan minimal 7, 19 dan 39 GCP dalam pengolahannya (Tao dan Hu, 2000; 2001), yang berdasarkan (2.1) dan (2.2), bentuk polinomial orde 1, 2, dan 3 dapat dijabarkan sebagai berikut.

-Polinomial Orde 1

$$P(X, Y, Z) = a_0 + a_1X + a_2Y + a_3 Z \dots\dots\dots (2.3)$$

-Polinomial Orde 2

$$P(X, Y, Z) = a_0 + a_1X + a_2Y + a_3 Z + a_4 X^2 + a_5 XY + a_6 XZ + a_7Y^2 + a_8YZ + a_9Z^2. \dots\dots\dots (2.4)$$

-Polinomial Orde 3

$$P(X, Y, Z) = a_0 + a_1X + a_2Y + a_3 Z + a_4 X^2 + a_5 XY + a_6 XZ + a_7Y^2 + a_8YZ + a_9Z^2 + a_{10}X^3 + a_{11}X^2Y + a_{12} X^2Z + a_{13} XY^2 + a_{14} XYZ + a_{15} XZ^2 + a_{16}Y^3 + a_{17}Y^2Z + a_{18}YZ + a_{19}Z^3 \dots\dots\dots (2.5)$$

Dengan mengganti  $P_i$  dalam persamaan (2.1) oleh polinomial dalam persamaan (2.3), (2.4), dan (2.4) maka persamaanya akan menjadi :

-Polinomial Orde 1

$$x = \frac{(1 \ X \ Y \ Z)(a_0 \ a_1 \ a_2 \ a_3)^T}{(1 \ X \ Y \ Z)(1 \ b_1 \ b_2 \ b_3)^T} \dots\dots\dots (2.6)$$

$$y = \frac{(1 \ X \ Y \ Z)(c_0 \ c_1 \ c_2 \ c_3)^T}{(1 \ X \ Y \ Z)(1 \ d_1 \ d_2 \ d_3)^T} \dots\dots\dots (2.7)$$

di mana ada 7 parameter, termasuk 4 di pembilang, dan 3 dan 1 konstanta di penyebut. Dalam rangka untuk memecahkan koefisien *Rational Function* di orde 3 ini, maka setidaknya ada 7 titik kontrol (GCP) yang diperlukan.

-Polinomial Orde 2

$$x = \frac{(1 \ X \ Y \ Z \ XY \ XZ \ YZ \ X^2Y^2 \ Z^2)(a_0 \ a_1 \ a_2 \ a_3 \dots a_9 \ a_{10})^T}{(1 \ X \ Y \ Z \ XY \ XZ \ YZ \ X^2Y^2 \ Z^2)(1 \ b_1 \ b_2 \ b_3 \dots b_9 \ b_{10})^T} \dots\dots (2.8)$$

$$y = \frac{(1 \ X \ Y \ Z \ XY \ XZ \ YZ \ X^2Y^2 \ Z^2)(c_0 \ c_1 \ c_2 \ c_3 \dots c_9 \ c_{10})^T}{(1 \ X \ Y \ Z \ XY \ XZ \ YZ \ X^2Y^2 \ Z^2)(1 \ d_1 \ d_2 \ d_3 \dots d_9 \ d_{10})^T} \dots\dots (2.9)$$

di mana ada 19 parameter, termasuk 10 di pembilang, dan 9 dan 1 konstanta di penyebut. Dalam rangka untuk memecahkan koefisien *Rational Function* di orde 2 ini, maka setidaknya ada 19 titik kontrol (GCP) yang diperlukan.

-Polinomial Orde 3

$$x = \frac{(1 \ X \ Y \ Z \dots YZ^2Z^3)(a_0 \ a_1 \ a_2 \ a_3 \dots a_{18} \ a_{19})^T}{(1 \ X \ Y \ Z \dots YZ^2Z^3)(1 \ b_1 \ b_2 \ b_3 \dots b_{18} \ b_{19})^T} \dots\dots\dots (2.10)$$

$$y = \frac{(1 \ X \ Y \ Z \dots YZ^2Z^3)(c_0 \ c_1 \ c_2 \ c_3 \dots c_{18} \ c_{19})^T}{(1 \ X \ Y \ Z \dots YZ^2Z^3)(1 \ d_1 \ d_2 \ d_3 \dots d_{18} \ d_{19})^T} \dots\dots\dots (2.11)$$

di mana ada 39 parameter, termasuk 20 di pembilang, dan 19 dan 1 konstanta di penyebut. Dalam rangka untuk memecahkan koefisien *Rational Function* di orde 3 ini, maka setidaknya ada 39 titik kontrol (GCP) yang diperlukan.

Dalam penelitian ini, tetap akan dilakukan percobaan menggunakan polinomial orde 1 dan 2 untuk menambah analisa penelitian. Koefisien *Rational function* diperkirakan dari GCP tersedia, dan perhitungannya dilakukan langsung oleh aplikasi yang digunakan sehingga tidak perlu menggunakan perhitungan manual untuk setiap model.

## **2.6 Skala Peta**

Skala peta, dapat diartikan sebagai perbandingan (rasio) antara jarak dua titik pada peta dan jarak sesungguhnya kedua titik tersebut di permukaan bumi atau di lapangan, dan pada satuan yang sama. Skala peta adalah informasi yang mutlak harus dicantumkan agar pemakai dapat mengukur jarak sesungguhnya pada peta.

Dalam SNI 8202:2015 tentang ketelitian peta dasar ketelitian peta RBI (Rupa Bumi Indonesia) dibagi menjadi berikut :.

Tabel 2.5 Ketelitian Geometri Peta RBI  
(Sumber: SNI, 2015)

No	Skala	Interval kontur (m)	Ketelitian Peta RBI (m)					
			Kelas 1		Kelas 2		Kelas 3	
			Horizontal 1 (CE 90)	Vertikal (LE 90)	Horizontal 1 (CE 90)	Vertikal (LE 90)	Horizontal 1 (CE 90)	Vertikal (LE 90)
1	1:1.000.000	400	200	200	300	300,00	500	500,00
2	1:500.000	200	100	100	150	150,00	250	250,00
3	1:250.000	100	50	50	75	75,00	125	125,00
4	1:100.000	40	20	20	30	30,00	50	50,00
5	1:50.000	20	10	10	15	15,00	25	25,00
6	1:25.000	10	5	5	7,5	7,50	12,5	12,50
7	1:10.000	4	2	2	3	3,00	5	5,00
8	1:5.000	2	1	1	1,5	1,50	2,5	2,50
9	1:2.500	1	0,5	0,5	0,75	0,75	1,25	1,25
10	1:1.000	0,4	0,2	0,2	0,3	0,30	0,5	0,50

Tabel 2.6 Ketentuan Ketelitian Geometri Peta RBI Berdasarkan Kelas  
(Sumber: SNI, 2015)

Ketelitian	Kelas 1	Kelas 2	Kelas 3
Horizontal	0,2 mm x bilangan skala	0,3 mm x bilangan skala	0,5 mm x bilangan skala
Vertikal	0,5 x interval kontur	1,5 x ketelitian kelas 1	2,5 x ketelitian kelas 1

### **2.6.1 Skala Peta 1:5.000**

Skala peta 1:5.000 memiliki arti satu satuan dipeta bernilai 5.000 satuan di lapangan, yang berarti satu cm dipeta sama dengan 5.000 cm/50 meter di lapangan. Peta skala 1:5.000 dapat digunakan oleh instansi terkait untuk pembuatan Rencana Detil Tata Ruang (RDTR). Skala peta yang digunakan sebesar 1:5.000 karena pada peta skala lebih besar atau sama dengan 1:5.000, selain blok juga akan tergambar unsur lainnya seperti saluran, pagar, dan lain sebagainya.

Berdasarkan Tabel 2.5 dan 2.6, ketelitian horizontal peta skala 1:5000 dibagi menjadi 3 kelas. Kelas 1 bernilai 1 meter, kelas 2 bernilai 1,5 meter, kelas 3 bernilai 2.5 meter. Hasil pada penelitian kali ini juga akan dibagi menjadi peta skala 1:5000 dengan pembagian kelas seperti diatas.

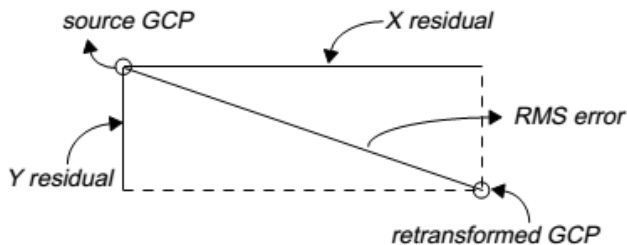
### **2.7 Root Mean Square Error (RMSE)**

Root Mean Square Error (RMSE) merupakan jarak yang terbentuk antara koordinat yang dimasukkan untuk proses rektifikasi dengan koordinat setelah proses rektifikasi pada lokasi yang sama (Erdas, 1999). Sehingga merupakan parameter yang digunakan untuk mengevaluasi nilai hasil dari pengamatan/pengukuran terhadap nilai sebenarnya atau nilai yang dianggap benar. RMSE ini dihitung pada saat transformasi koordinat selesai dilakukan. Caranya dengan menguji beberapa titik pada citra hasil koreksi geometrik terhadap titik kontrol tanah yang sudah tereferensi dengan sistem proyeksi tertentu (Furqon, 2007). Secara umum, persamaan untuk menghitung besarnya RMSE dalam bidang dua dimensional adalah sebagai berikut:

$$RMSE = \sqrt{\frac{(x' - x_{orig})^2 + (y' - y_{orig})^2}{n}} \dots\dots\dots(2.12)$$

dimana:

(x',y') = Koordinat citra hasil koreksi geometrik  
 (x,y)<sub>orig</sub> = Koordinat titik kontrol tanah pada bidang referensi  
 n = Jumlah GCP

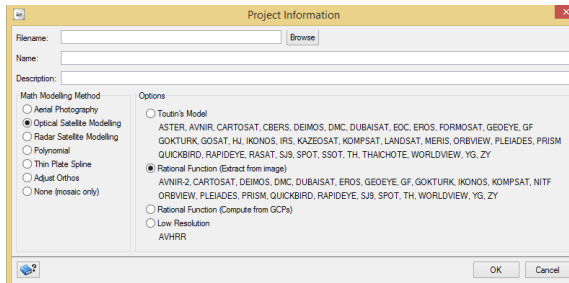


Gambar 2.6 Gambar Residual dan RMS Error Pertitik  
 (sumber: Erdas, 1999)

## 2.8 Perangkat Lunak Pengolahan

Pengolahan citra satelit Pleiades pada penelitian ini menggunakan perangkat lunak PCI Geomatica yang merupakan perangkat lunak buatan perusahaan asal Kanada, PCI Geomatics. Perangkat lunak ini sangat populer digunakan untuk mengolah data citra satelit resolusi tinggi seperti QuickBird, WorldView-1, WorldView-2, GeoEye-1, Ikonos, Pleiades, SPOT 6, dan lainnya.

Kelebihan utama dari perangkat lunak ini dalam pengolahan data citra satelit resolusi tinggi adalah terdapatnya berbagai jenis metode yang dapat digunakan untuk menyelesaikan pekerjaan kita mengolah data citra satelit resolusi tinggi, mulai dari metode *Satellite Orbital Modelling* dan *Rational Functions* yang umumnya digunakan untuk mengolah data citra satelit yang mempunyai informasi orbital. Selain itu terdapat metode *Polynomial* dan *Thin Plate Spline* sebagai metode lain.



Gambar 2.7 Berbagai metode pengolahan foto dan citra pada *PCI Geomatica*

### 1. Aerial Photography

Model matematikanya merupakan model rigorous berdasarkan pada geometri rangka kamera. Model memperhitungkan juga efek variasi *terrain* dan distorsinya terhadap kamera, seperti efek lengkungan lensa, panjang focus lensa, efek prespektif, serta posisi dan orientasi kamera. Anda memerlukan informasi kalibrasi kamera untuk pemrosesannya.

### 2. Satellite Orbital Toutins Model

Merupakan model rigorous yang ditemukan oleh DR. Toutins di *Canada Center of Remote Sensing* untuk melakukan perhitungan distorsi seperti geometri sensor, variasi ketinggian serta orbit *satellite*, muka bumi, rotasi dan relief. Model matematika ini dapat digunakan untuk citra satelit ASTER, AVHRR, IKONOS, LANDSAT, SPOT, IRS, QuickBird, dan citra radar; seperti ASAR (beta support), RADARSAT, ERS-1 dan JERS1. Untuk keperluan ini pemesanan citra satelit harus ada informasi orbit dan belum dilakukan pemrosesan secara geometrik.

### 3. Rational Functions

Merupakan model matematika sederhana yang mencerminkan korelasi antara *pixel* dengan posisi di tanah. Penggunaan model ini digunakan ketika anda tidak mempunyai informasi yang diperlukan untuk model matematika secara khusus (*rigorous*), seperti karena; sensor model yang berbeda, citra



secara geometrik telah diproses, penyedia data telah melakukan perhitungan model matematikanya serta terdistribusi pada citra, atau anda tidak mempunyai citra secara keseluruhan (merupakan hasil potongan). *Rational function math model* dapat secara lebih akurat penggunaannya dibandingkan jika kita menggunakan model matematika *polynomial* atau *thinplate spline* terutama untuk hubungannya dengan faktor ketinggian. Walaupun begitu kita akan lebih banyak membutuhkan titik control tanah (GCP) dalam pemrosesannya.

#### 4. *Polynomial*

Merupakan model matematika yang sederhana dan menggunakan model transformasi polynomial orde lima berdasarkan GCP (titik control tanah) berdimensi dua (2D). Prosedur model matematika ini adalah dengan cara mengimpitkan secara matematis GCP bidang dua dimensi pada suatu citra.

#### 5. *Thin Plate Spline*

Merupakan model matematika sederhana yang mengumpulkan titik kontrol tanah (GCP) digunakan secara simultan untuk perhitungan transformasi. Pengimpitan didistribusikan pada citra dengan kurva minimum antar GCP yang hampir mendekati linier dari sepanjang gcp tersebut. Model ini dapat digunakan untuk mewakili variasi terrain dibanding menggunakan model matematika polynomial karena adanya penggunaan GCP 3 dimensi serta meminimalisir kesalahan extrapolasi yang dapat terjadi pada GCP.

## **2.9 Penelitian Terdahulu**

Menurut Rudianto, 2011 dalam penelitiannya yang berjudul “Analisis Pengaruh Sebaran Ground Control Point Terhadap Ketelitian Objek Pada Peta Citra Hasil Ortorektifikasi” menyatakan bahwa banyaknya GCP yang digunakan dalam proses ortorektifikasi citra sangat berpengaruh terhadap ketelitian hasil koreksi geometrik yang ditunjukkan melalui harga Root Mean Square Error (RMSE). Penggunaan metode Rational Function dalam proses ortorektifikasi citra untuk citra Ikonos

memerlukan minimal 13 buah GCP, sedangkan untuk citra Quickbird memerlukan minimal 9 buah GCP, dengan pola sebaran yang merata. Pembuatan peta citra menggunakan citra Ikonos dengan RS 1,0 meter masih memenuhi untuk skala 1:4.500 sedangkan penggunaan citra Quickbird dengan RS 0,68 meter, peta citra yang dihasilkan masih memenuhi untuk skala 1:2.000.

Menurut Imam Satria Yudha, 2015 dalam penelitiannya yang berjudul “Studi Jumlah Dan Distribusi Titik Kontrol Tanah Untuk Proses Rektifikasi Citra Resolusi Tinggi (Studi Kasus : Kota Kediri, Jawa Timur)” menyatakan bahwa penggunaan GCP yang berlebihan, tidak meningkatkan harga RMS Error secara signifikan. Pada proses pengolahan citra Worldview II yang memiliki resolusi spasial 0,5 meter, didapat jumlah minimum titik kontrol tanah agar citra terektifikasi dan masuk dalam toleransi sebanyak 8 GCP yang diletakkan merata tapi terpusat ditengah citra. Pada penelitian tersebut, pembuatan peta citra masih memenuhi untuk skala 1:3.000.

## **BAB III**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

#### **3.1 Lokasi Penelitian**

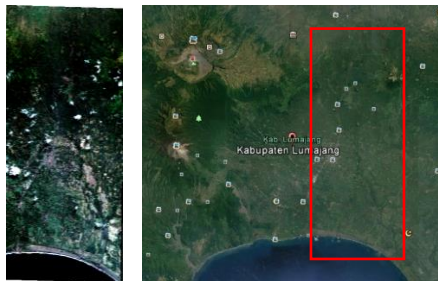
Lokasi penelitian ini dilakukan di Kabupaten Lumajang, Jawa Timur. Dimana koordinat kota ini terletak pada  $112^{\circ}53'$  -  $113^{\circ}23'$  Bujur Timur dan  $7^{\circ}54'$  -  $8^{\circ}23'$  Lintang Selatan.

Lokasi penelitian di Kota Lumajang ini juga salah satu menjadi alasan dilakukannya ortorektifikasi dan bukan rektifikasi biasa saja. Dikarenakan bentuk relief yang bervariasi dari ketinggian 0 – 2000 meter.

Secara administratif, Kota Lumajang memiliki luas sebesar  $1.790,90 \text{ km}^2$  yang terdiri dari 21 kecamatan. Wilayah Kabupaten Lumajang berbatasan dengan wilayah Kabupaten lain diantaranya adalah sebagai berikut :

- Sebelah Utara : Kabupaten Probolinggo, Jawa Timur
- Sebelah Selatan : Samudra Hindia
- Sebelah Timur : Kabupaten Jember, Jawa Timur
- Sebelah Barat : Kabupaten Malang, Jawa Timur

Untuk penelitian kali ini, penulis hanya menggunakan 1 scene 033 citra satelit pleiades di Kota Lumajang yang terletak pada koordinat  $113^{\circ}9'$  -  $113^{\circ}20'$  Bujur Timur dan  $7^{\circ}52'$  -  $8^{\circ}18'$  Lintang Selatan dengan luas area  $1078 \text{ kilometer}^2$ .



Gambar 3.1 Lokasi penelitian  
(Sumber: Citra Satelit Pleiades 2013 dan Citra Satelit Google Earth)

## **3.2 Data dan Peralatan**

### **3.2.1 Data**

Adapun data yang digunakan dalam penelitian tugas akhir ini, antara lain:

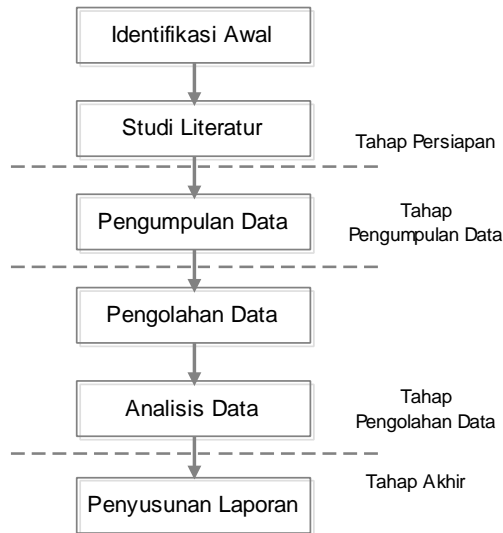
1. Citra satelit Pleiades 1-A dengan ketelitian pankromatik 0.5 meter dan ketelitian multispektral 2 meter di Kabupaten Lumajang sisi Timur.
2. Data DEM SRTM/X-SAR dari satelit TerraSAR-X dengan ketelitian relatif 6m dan absolut 16 meter kabupaten lumajang
3. Data koordinat titik tanah sebanyak 74 buah yang diukur dengan metode statik selama 30-45 menit, yang telah diolah menggunakan *software* pengolahan GPS Topcon Tools.

### **3.2.2 Peralatan**

1. Perangkat Keras (*Hardware*)
  - Notebook untuk pengolahan data citra satelit, analisa data hasil pengolahan, dan penulisan laporan.
2. Perangkat Lunak (*Software*)
  - Sistem operasi Windows 8 Enterprise 64-bit;
  - Microsoft Office 2013 untuk penulisan laporan dan mengolah data angka tabular;
  - Global Mapper 15 untuk proses resampling DEM
  - PCI Geomatica 2015 untuk proses Pan-Sharpening dan Ortorektifikasi citra.

## **3.3 Metodologi Penelitian**

Tahapan yang akan dilaksanakan dalam penelitian tugas akhir ini adalah seperti pada diagram alir berikut ini:



Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian

Berikut ini adalah penjelasan diagram alir metode penelitian:

a) Tahap Persiapan

Pada tahap ini, kegiatan-kegiatan yang dilakukan adalah:

I. Identifikasi Awal

Identifikasi awal, bertujuan untuk mengidentifikasi permasalahan. Adapaun permasalahan dalam penelitian ini mengenai pengaruh jumlah GCP yang diberikan terhadap terhadap ketelitian geometrik yang dihasilkan. Sehingga penambahan GCP untuk jumlah tertentu sudah tidak diperlukan lagi karena hasil yang diberikan tidak berpengaruh terhadap skala citra.

II. Studi Literatur

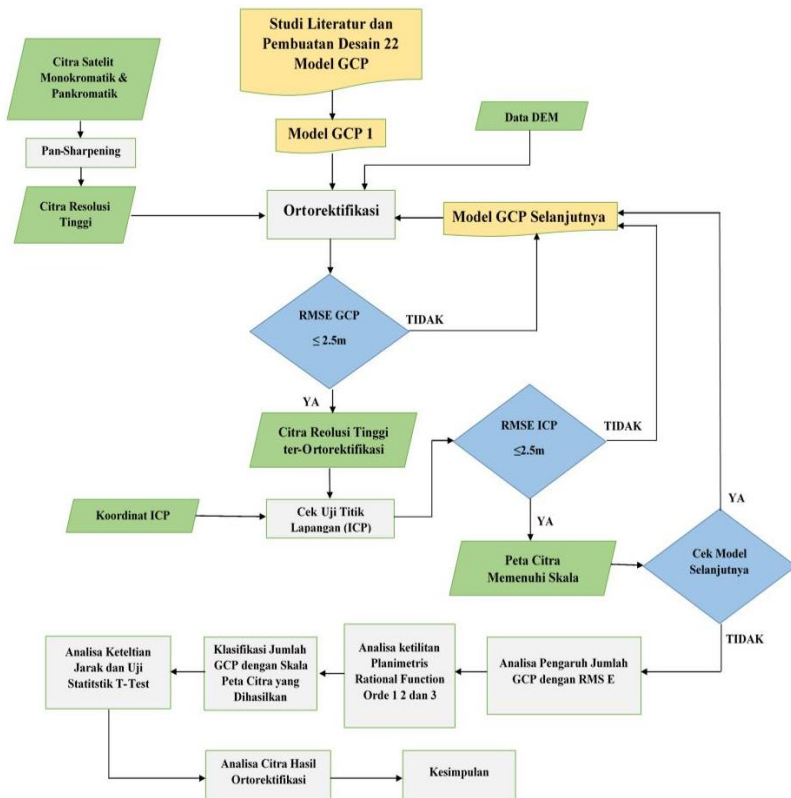
Bertujuan untuk mendapatkan referensi yang berhubungan dengan cara pengolahan data citra satelit Pleiades menggunakan Global Mapper dan PCI Geomatica. Selain itu juga mencari berbagai referensi yang mendukung seperti literatur dari buku, jurnal nasional/internasional, informasi dari ahli, dan sebagainya.

### b) Tahap Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan untuk mencari data-data yang menjadi pokok bahasan dalam penelitian tugas akhir ini. Data tersebut dapat berupa data angka tabular maupun grafis yang dapat menunjang proses penelitian ini.

### c) Tahap Pengolahan Data

Adapun alur dari tahap pengolahan data pada penelitian tugas akhir ini sebagai berikut:



Gambar 3.3 Diagram Alir Proses Pengolahan Data

Berikut adalah penjelasan diagram alir tahap pengolahan data:

- a. Pertama, adalah pengumpulan data. Data yang dibutuhkan dalam penelitian kali ini adalah, data citra satelit Pleiades 1-A Kabupaten Lumajang sisi timur, data DEM TerraSAR-X, dan data koordinat GCP dan ICP yang didapat dari hasil pengukuran dilapangan.
- b. Kemudian memilih GCP dan ICP mana yang akan digunakan. Sesuai dengan persebaran yang diinginkan dan nilai RMSE dari pengukuran GCP dan ICP.
- c. Selanjutnya pembuatan desain titik kontrol yang terbagi menjadi 22 model yang berbeda berdasarkan jumlah GCP dan ICP yang dimasukkan. Pada penelitian kali ini, penulis menggunakan 74 data koordinat sehingga jumlah  $GCP = 74 - ICP$ .
- d. Ortorektifikasi adalah proses koreksi geometrik citra satelit atau foto udara untuk memperbaiki kesalahan geometrik citra yang bersumber dari pengaruh topografi, geometri sensor dan kesalahan lainnya. Metode yang digunakan dalam penelitian kali ini adalah *Rational Function*. Sehingga membutuhkan data GCP sebagai acuan koordinat x,y yang pada langkah pertama menggunakan GCP model 1 dan data DEM sebagai acuan koordinat z.
- e. Citra telah ter-oktorektifikasi jika nilai *Root Mean Square Error* (RMSE) bernilai  $\leq 0,25$  meter. Ketika nilai tersebut belum tercapai, maka kembali ke proses ortorektifikasi dengan menggunakan model GCP selanjutnya (GCP yang digunakan bertambah) sampai pada model 22.
- f. Ketika nilai *Mean Square Error* (RMSE) GCP telah memenuhi syarat  $\leq 2.5$  meter, maka citra telah ter-oktorektifikasi. Kemudian dilakukan uji ketelitian geometrik citra dengan koordinat ICP. Ketika nilai *Mean Square Error* (RMSE) ICP belum memenuhi  $\leq 2,5$  meter (skala peta 1:5.000), maka kembali ke

- proses ortorektifikasi dengan menggunakan model GCP selanjutnya (GCP yang digunakan bertambah).
- g. Ketika nilai *Mean Square Error* (RMSE) ICP telah memenuhi syarat  $\leq 2,5$  meter, maka citra telah ter-ortorektifikasi dan dapat digunakan dalam pembuatan peta skala 1:5.000 dengan peta skala kelas 3.
  - h. Jika terdapat model citra yang belum digunakan (karena penggunaan model sebelumnya telah memenuhi syarat), maka tetap dilakukan proses ortorektifikasi. Langkah ini digunakan untuk menambah analisa jumlah GCP yang digunakan dengan skala maksimal peta yang bisa dihasilkan.
  - i. Analisa pengaruh jumlah GCP dengan nilai RMSE dilakukan dengan cara melihat nilai RMSE GCP dan ICP yang ditampilkan di software PCI Geomatica. Nilai ini berkaitan dengan seberapa besar skala peta yang dapat dibuat dari hasil citra ortorektifikasi dari berbagai variasi GCP yang diberikan.
  - j. Analisa ketelitian Planimetris dibagi menjadi 3 bagian orde 1, 2, dan 3 dan masing-masing orde terbagi menjadi kelas 1, 2, dan 3.
  - k. Klasifikasi jumlah GCP dengan skala citra yang dihasilkan secara geometris dibagi menjadi 3 kelas 1, 2, dan 3.
  - l. Analisa ketelitian jarak citra dilakukan dengan cara menghitung jarak antar GCP dari sisi terluar dan membandingkan hasilnya dengan jarak hasil pengukuran pada citra. Selisih jarak yang dihasilkan dapat digunakan untuk menentukan nilai RMSE. Uji Statistik T-Test digunakan untuk mencari nilai kesalahan jarak yang diperbolehkan untuk peta skala 1:5000. Pada penelitian ini digunakan 3 sampel jarak citra ortorektifikasi terbaik dari masing-masing orde polinomial.



- m. Analisa citra hasil ortorektifikasi dilakukan pada 1 citra dengan ketelitian terbaik. Meliputi analisa pixel, analisa objek perairan, analisa transformasi, dan analisa objek-objek tinggi.

Dari hasil analisa, dapat ditentukan berapa jumlah titik GCP pada polinomial orde berapa untuk optimalisasi pembuatan peta skala 1:5000.

***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***

## **BAB IV**

### **HASIL DAN ANALISIS**

#### **4.1 Pemilihan Lokasi Titik Kontrol Tanah**

Pemilihan titik kontrol tanah sendiri dilakukan dengan cara melihat posisi objek dengan kenampakan alam yang jelas. Dapat berupa objek alam seperti perempatan sawah, maupun obyek buatan seperti pojok bangunan. Objek tersebut harus jelas terlihat dicitra, maupun dilapangan tanpa halangan seperti halnya tertutup pohon.

Dalam proses ortorektifikasi diperlukan GCP yang tersebar secara merata pada daerah pemetaan. Sebaran GCP tergantung pada desain jaringan yang dibuat pada proses pengadaan GCP. Desain GCP yang ideal pada setiap scene citra adalah dengan memperhitungkan faktor di atas yaitu tersebarnya GCP secara merata pada cakupan areal pemetaan (setiap scene citra) yang akan digunakan dalam proses ortorektifikasi citra. X

Adapun ketentuan persebaran titik GCP dan ICP adalah sebagai berikut:

1. Sebaran GCP atau titik kontrol tanah

Titik ini merupakan titik kontrol tanah yang digunakan dalam koreksi citra ortorektifikasi. Syarat penentuan sebaran titik kontrol tanah adalah sebagai berikut:

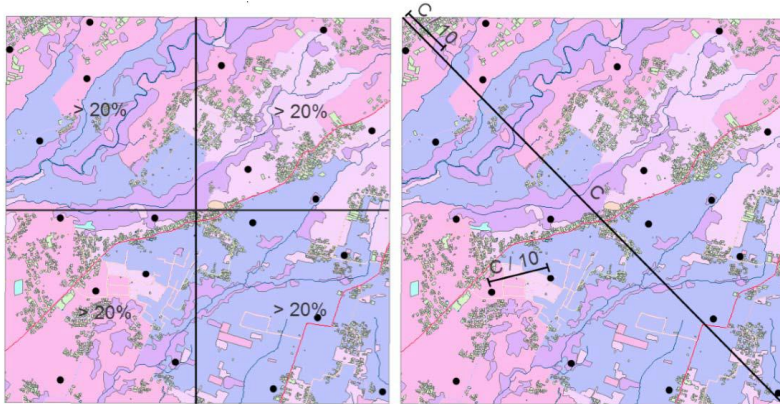
- a. Pada sisi perimeter area citra
- b. Pada tengah area/*scene*
- c. Pada wilayah perbatasan/*overlap* scene citra
- d. Tersebar secara merata dalam area citra
- e. Menyesuaikan kondisi terrain

2. Sebaran ICP atau titik uji akurasi

Merupakan titik kontrol tanah yang akan digunakan sebagai titik uji hasil ortorektifikasi. Syarat persebaran ICP adalah obyek yang digunakan sebagai titik uji harus memiliki sebaran yang merata di seluruh area yang akan diuji.

Sebaran titik uji ketelitian geometri menggunakan aturan distribusi titik uji, area yang akan di uji dibagi menjadi 4 (empat)

kuadran dengan distribusi ideal titik uji di setiap kuadran setidaknya sejumlah 20% (persen) dari keseluruhan jumlah titik uji ( $n$ ). Jarak antar titik uji dengan interval minimal 10% (persen) dari jarak diagonal ( $C$ ) kumpulan data. (SNI 8202:2015).



(a) Distribusi ideal titik uji      (b) Jarak ideal antar titik uji

Gambar 4.1 Distribusi dan Jarak Ideal antar Titik Uji (Dimodifikasi dari NSSDA)

(Sumber : SNI 8202:2015)

Setelah ditentukan jumlah titik uji yang akan di gunakan, kemudian akan dipilih jumlah titik pada setiap kuadran citra minimal sebanyak 20% dari total keseluruhan titik uji. Berikut merupakan contoh dari beberapa penempatan titik kontrol tanah pada penelitian ini pada objek alam di pematang sawah maupun pada objek buatan dipojok bangunan.

Persebaran GCP pada penelitian ini hanya menggunakan persyaratan SNI 8202:2015 diatas tanpa memperhitungkan nilai *Strenght of Figure* (SOF) jaring antar titik GCP.



Gambar 4.2 Lokasi GCP 033\_54 di Citra (kiri), dan Foto Pengukuran GCP di Lapangan (kanan)

(Sumber : Dokumentasi Lapangan)



Gambar 4.3 Lokasi GCP 033\_23 di Citra (kiri), dan Foto Pengukuran GCP di Lapangan (kanan)

(Sumber : Dokumentasi Lapangan)

#### **4.2 Penentuan Jumlah Titik Kontrol dan Jumlah Model**

Dalam perencanaan proses ortorektifikasi citra dibutuhkan jumlah titik kontrol tanah yang tepat, agar pelaksanaan pengukuran dilapangan tidak terlalu lama. Dalam penelitian ini didapat 74 titik pengukuran tanah yang selanjutnya akan dibagi menjadi 22 model jumlah sebaran GCP dan ICP yang dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4.1 Model Jumlah GCP dan ICP

(Sumber : Hasil Analisa, 2016)

Model	Jumlah GCP	Jumlah ICP	Model	Jumlah GCP	Jumlah ICP
1	0	74	12	39	35
2	8	66	13	41	33
3	9	65	14	43	31
4	13	61	15	47	27
5	17	57	16	51	23
6	19	55	17	55	19
7	21	53	18	59	15
8	23	51	19	63	11
9	27	47	20	67	7
10	31	43	21	71	3
11	35	39	22	74	0

Penentuan jumlah titik GCP tergantung dari luasan daerah, bentuk topografi, serta rumus yang akan digunakan dalam proses rektifikasi. Penentuan jumlah titik GCP dan ICP diatas telah disesuaikan dengan metode ortorektifikasi *Rational Function* orde 1 (minimal 7 GCP), orde 2 (minimal 19 GCP), dan orde 3 (minimal 39 GCP) sehingga pada hasil akhir dapat dilakukan pengolahan citra diberbagai tingkat (orde).

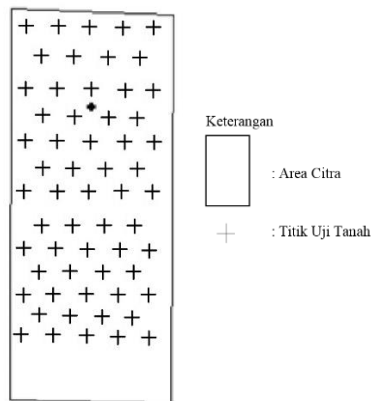
#### **4.3 Pembuatan Model Jumlah dan Distribusi Titik Kontrol Tanah**

Pembuatan model jumlah dan distribusi titik kontrol tanah diperlukan agar dapat diperoleh hasil yang optimal dan efektifitas pengukuran titik kontrol di lapangan. Pada penelitian ini dibuat 22 model jumlah dan distribusi titik kontrol tanah (seperti yang disajikan pada tabel 4.1).

Pembuatan model ini dilakukan dengan penambahan GCP sedikit demi sedikit agar dapat dianalisa perubahan nilai RMSE pada model yang digunakan. Sehingga akan mudah dalam mengklasifikasi hubungan antara jumlah GCP dengan skala citra yang dihasilkan.

Sebaran titik uji ketelitian geometri menggunakan aturan distribusi titik uji, area yang akan di uji dibagi menjadi 4 (empat) kuadran dengan distribusi ideal titik uji di setiap kuadran setidaknya sejumlah 20% (persen) dari keseluruhan jumlah titik uji (n). Jarak antar titik uji dengan interval minimal 10% (persen) dari jarak diagonal (C) kumpulan data. (SNI 8202:2015).

Idealnya, persebaran ke 74 titik uji tanah yang didapat memiliki jarak antar titik yang simetris dengan titik disebelahnya sehingga memiliki posisi yang teratur seperti gambar berikut.



Gambar 4.4 Persebaran Ideal Titik Uji Tanah

Pada desain persebaran titik uji diatas, terdapat 63 persebaran titik uji tanah. Titik uji tersebut dapat di aplikasikan pada lapangan jika titik uji yang digunakan adalah titik uji buatan yang dibuat terlebih dahulu. Titik tersebut biasanya diberi tanda plus berwarna cerah agar mudah untuk menginterpretasi titik setelah gambar terekam. Namun wahana harus merekam gambar/ citra setelah tanda tersebut dipasang (*real time*), sehingga metode tersebut tidak bisa

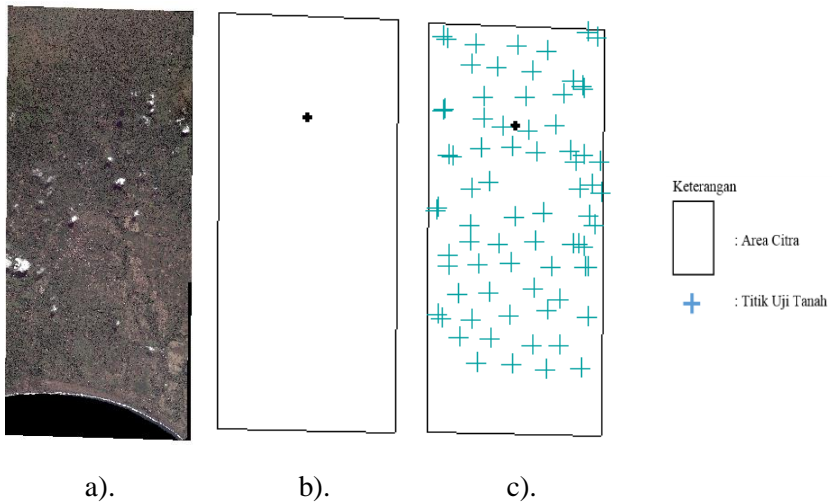
digunakan pada penelitian kali ini karena citra yang digunakan telah ada terlebih dahulu. Sehingga objek yang digunakan adalah objek yang telah ada dipermukaan tanah (alam/buatan) yang mudah untuk diinterpretasi/ ditandai.



Gambar 4.5 Titik Uji Buatan pada Pengukuran *Real Time*  
(Sumber : Dokumentasi Pribadi, 2016)

Dikarenakan sulitnya untuk mendapatkan titik yang sesuai kondisi ideal, maka persebaran titik yang awalnya direncanakan ideal setelah dilakukan pengukuran di lapangan menjadi seperti berikut.



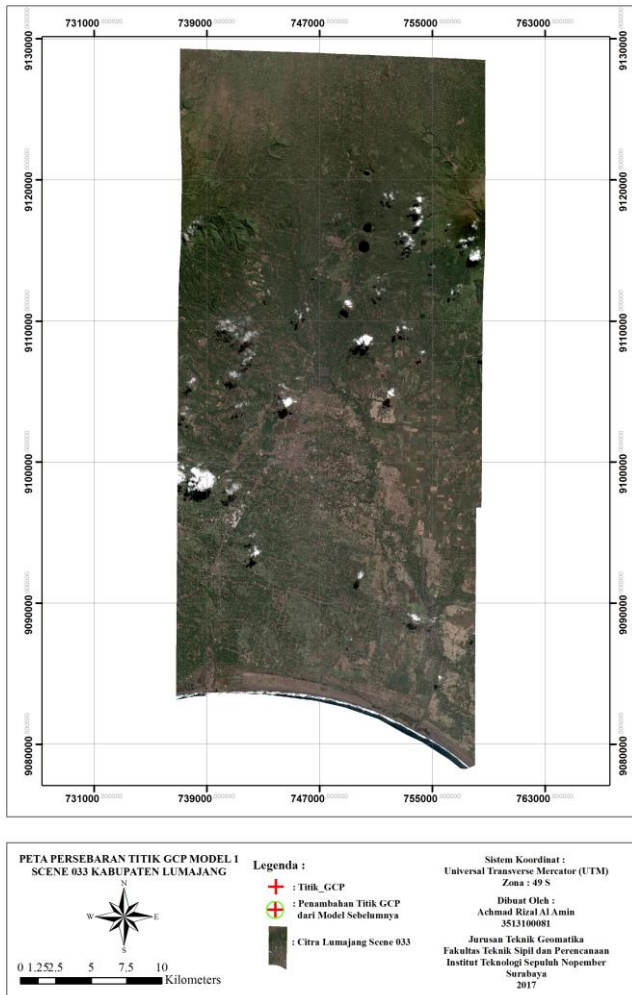


Gambar 4.6 a). Citra Resolusi tinggi b). Area Citra c). Persebaran Titik Hasil Pengukuran

Pada persebaran titik pengukuran tersebut, terdapat 74 titik uji tanah yang pada rencana awal didesain sebanyak 63 titik. 11 titik yang lebih banyak tersebut digunakan sebagai *backup* untuk titik sebelahnya andaikan salah satu titik dari titik tidak dapat digunakan/*error*.

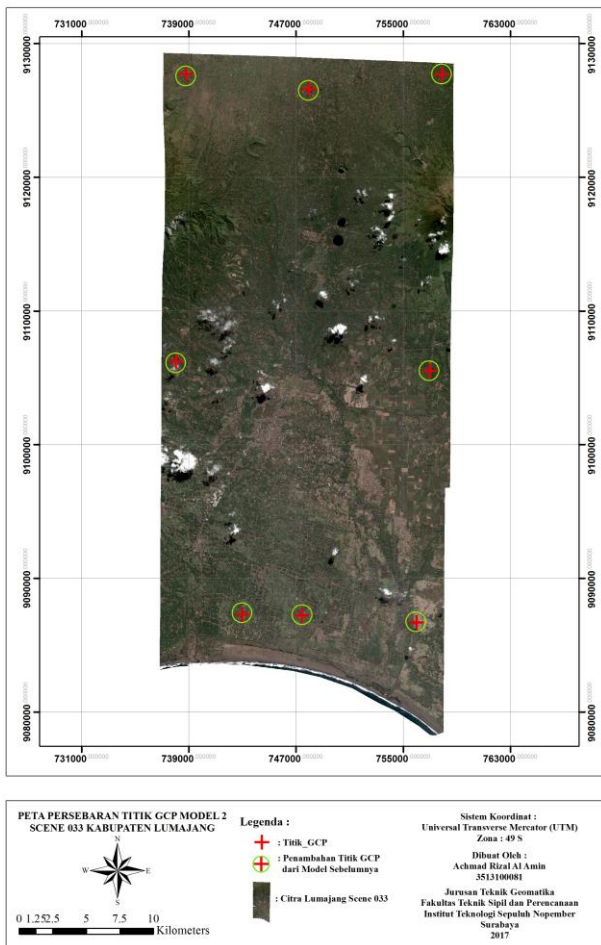
Walaupun bentuk setelah pengukuran tidak terlalu teratur, namun data tersebut dapat digunakan karena telah memenuhi syarat minimal 20% setiap kuadran berdasarkan SNI 8202:2015.

Peta Persebaran GCP ke 22 model dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



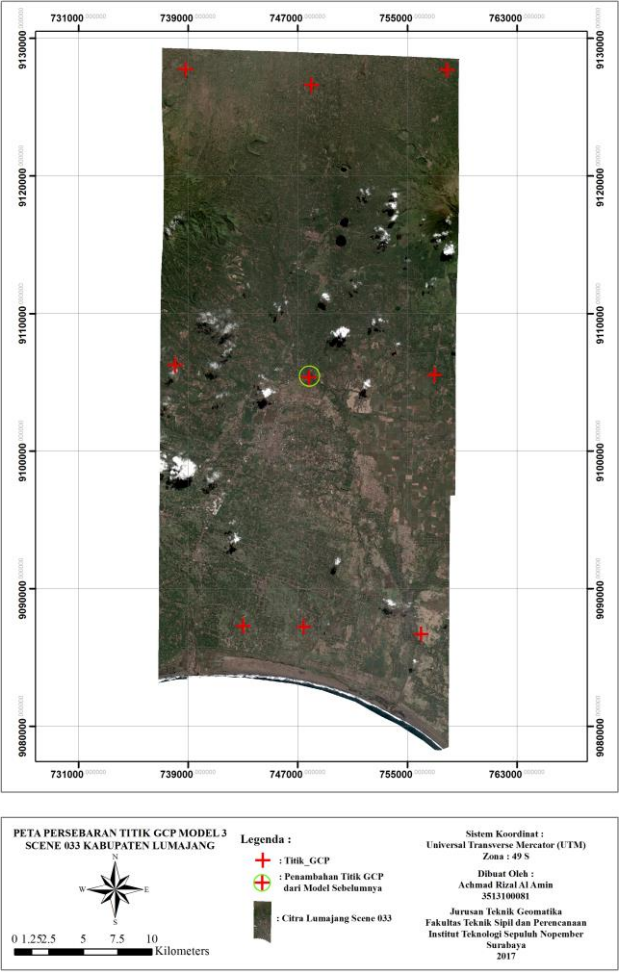
Gambar 4.7 Peta Persebaran Titik GCP Model 1

Pembuatan persebaran titik GCP model 1 dilakukan dengan tanpa memasukkan titik GCP. Hal ini dimaksudkan untuk menegecek seberapa ketelitian citra yang dihasilkan tanpa dilakukannya koreksi terlebih dahulu.



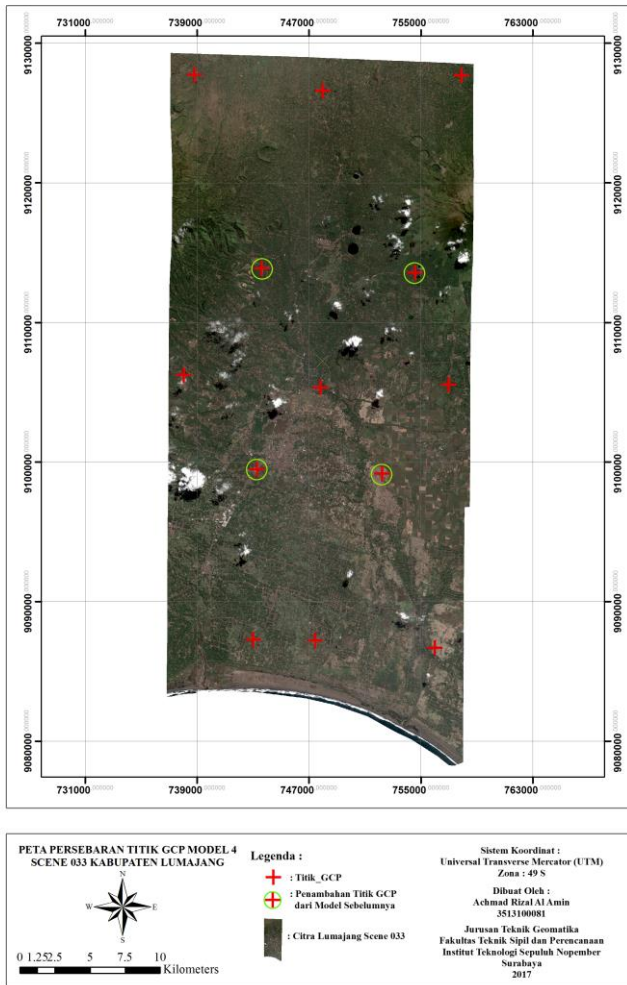
Gambar 4.8 Peta Persebaran Titik GCP Model 2

Pada persebaran titik GCP model 2 terdapat 8 titik GCP, penambahan titik GCP dilakukan pada tiap pojok perimeter (sisi) citra sebanyak 4 titik GCP dan 4 titik lainnya terletak diantara titik tersebut. Persebaran titik tiap kuadran bernilai 25%.



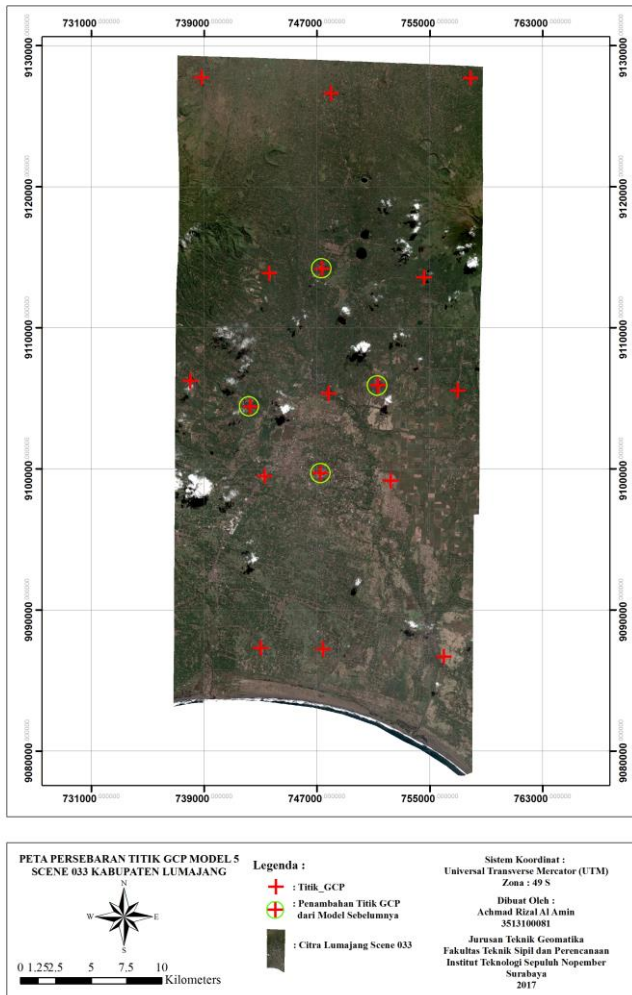
Gambar 4.9 Peta Persebaran Titik GCP Model 3

Pada persebaran titik GCP model 3 terdapat 9 titik GCP, penambahan titik GCP dilakukan pada 1 titik GCP di tengah citra. Persebaran titik tiap kuadran bernilai 25%.



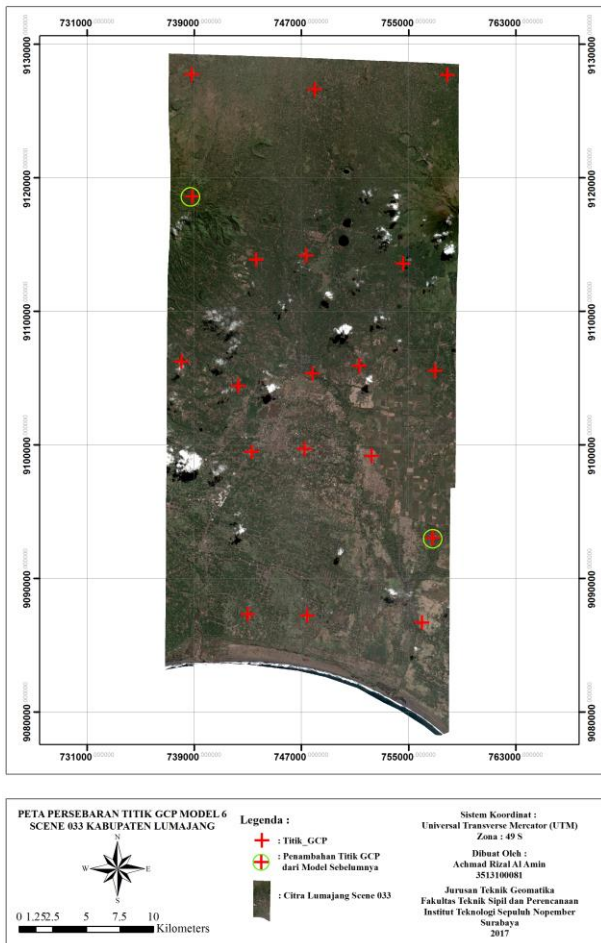
Gambar 4.10 Peta Persebaran Titik GCP Model 4

Pada persebaran titik GCP model 4 terdapat 13 titik GCP, penambahan titik GCP dilakukan dengan 1 titik pada tiap kuadran. Persebaran titik tiap kuadran bernilai 25%.



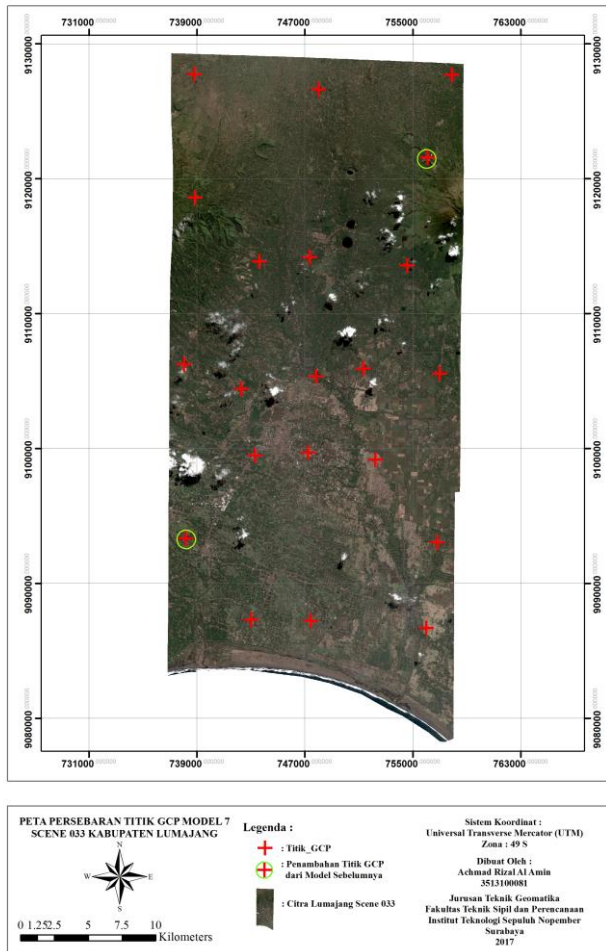
Gambar 4.11 Peta Persebaran Titik GCP Model 5

Pada persebaran titik GCP model 5 terdapat 17 titik GCP, penambahan titik GCP dilakukan dengan 1 titik pada tiap kuadran. Persebaran titik tiap kuadran bernilai 25%.



Gambar 4.12 Peta Persebaran Titik GCP Model 6

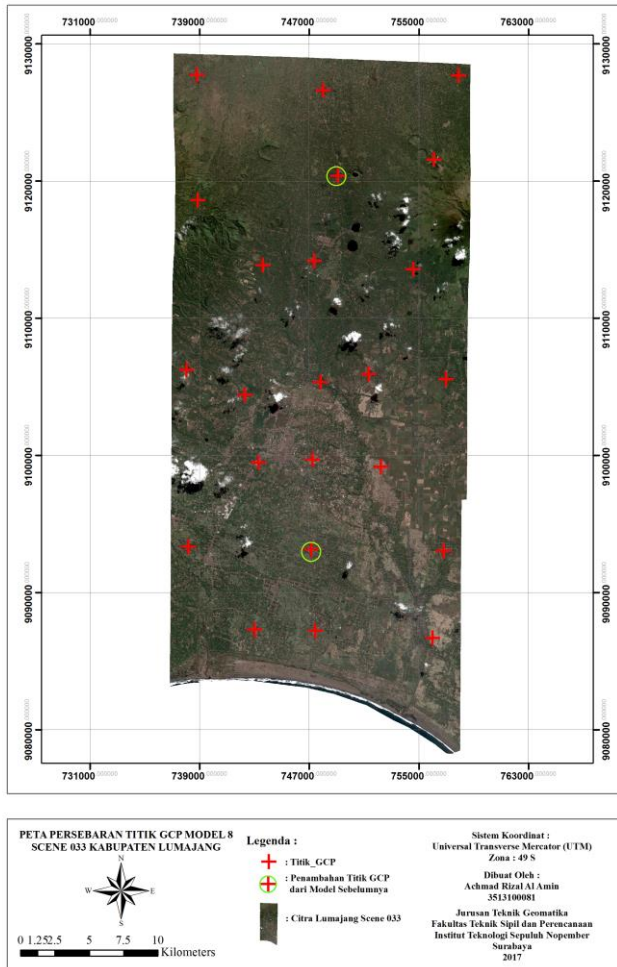
Pada persebaran titik GCP model 6 terdapat 19 titik GCP, penambahan titik GCP dilakukan dengan menambah 1 titik pada 2 kuadran. Persebaran titik tiap kuadran bernilai 20% dan 30%.



Gambar 4.13 Peta Persebaran Titik GCP Model 7

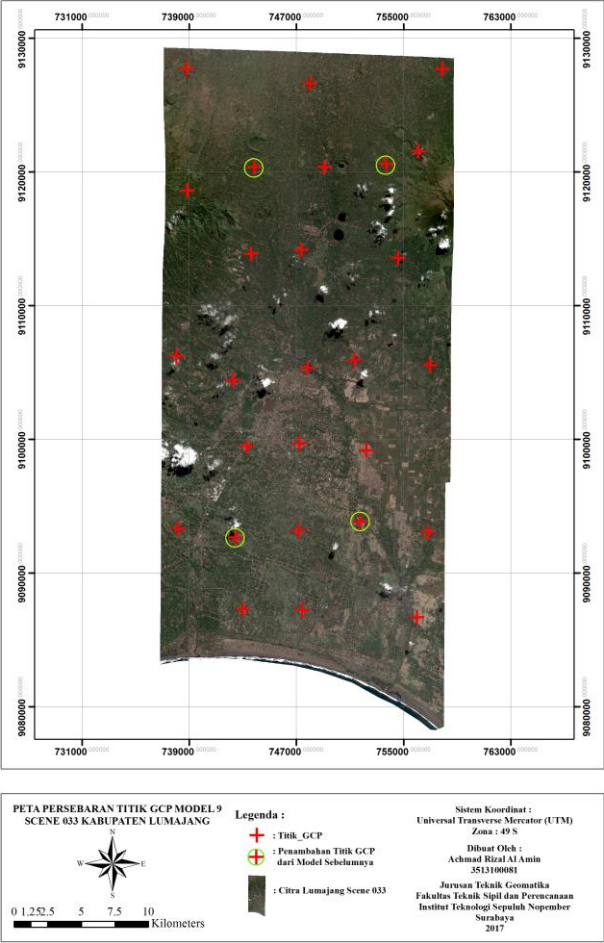
Pada persebaran titik GCP model 7 terdapat 21 titik GCP, penambahan titik GCP dilakukan dengan menambah 1 titik pada 2 kuadran. Persebaran titik tiap kuadran bernilai 25%.





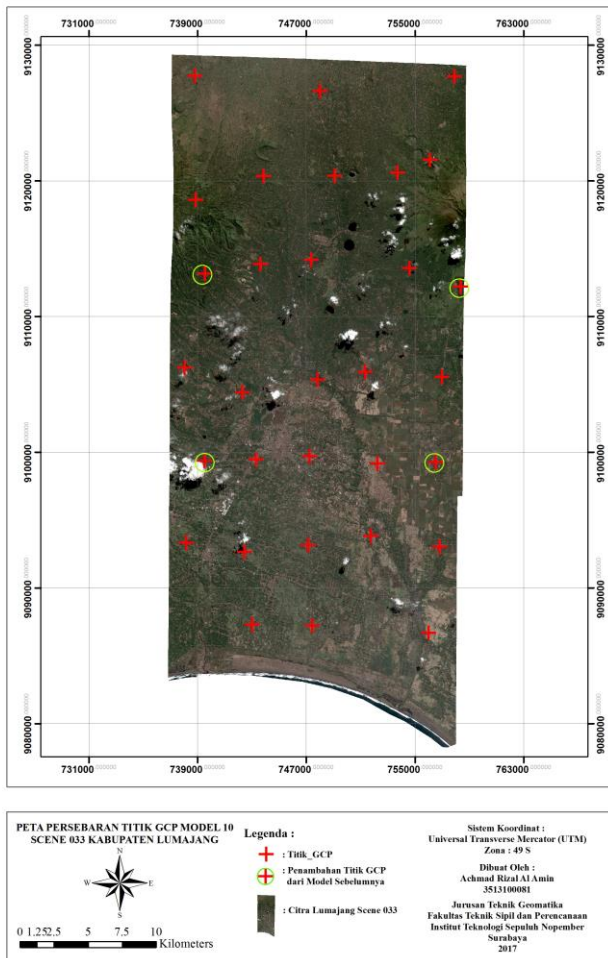
Gambar 4.14 Peta Persebaran Titik GCP Model 8

Pada persebaran titik GCP model 8 terdapat 23 titik GCP, penambahan titik GCP dilakukan dengan menambah 1 titik pada 2 kuadran. Persebaran titik tiap kuadran bernilai 25%.



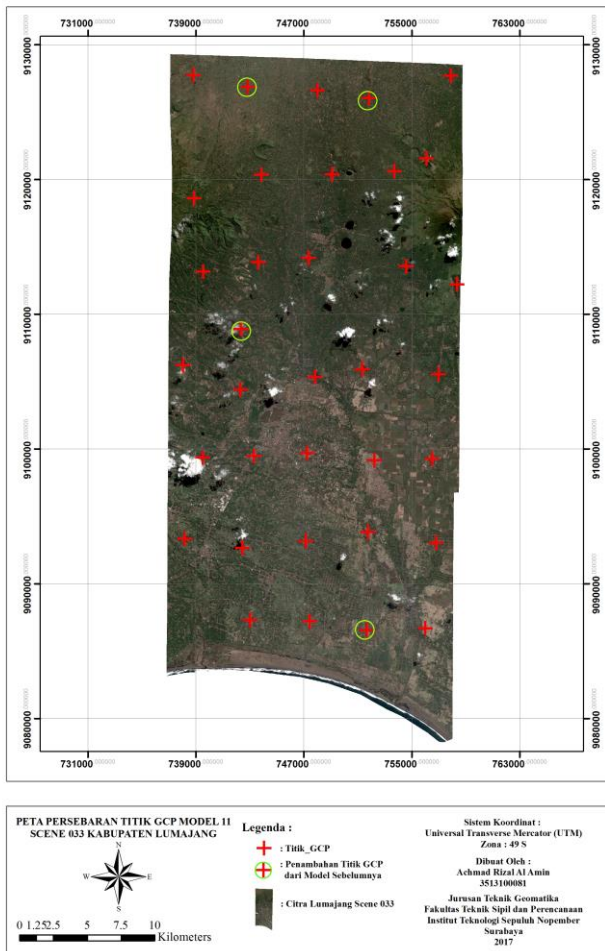
Gambar 4.15 Peta Persebaran Titik GCP Model 9

Pada persebaran titik GCP model 9 terdapat 27 titik GCP, penambahan titik GCP dilakukan dengan menambah 1 titik pada tiap kuadran. Persebaran titik tiap kuadran bernilai 25%.



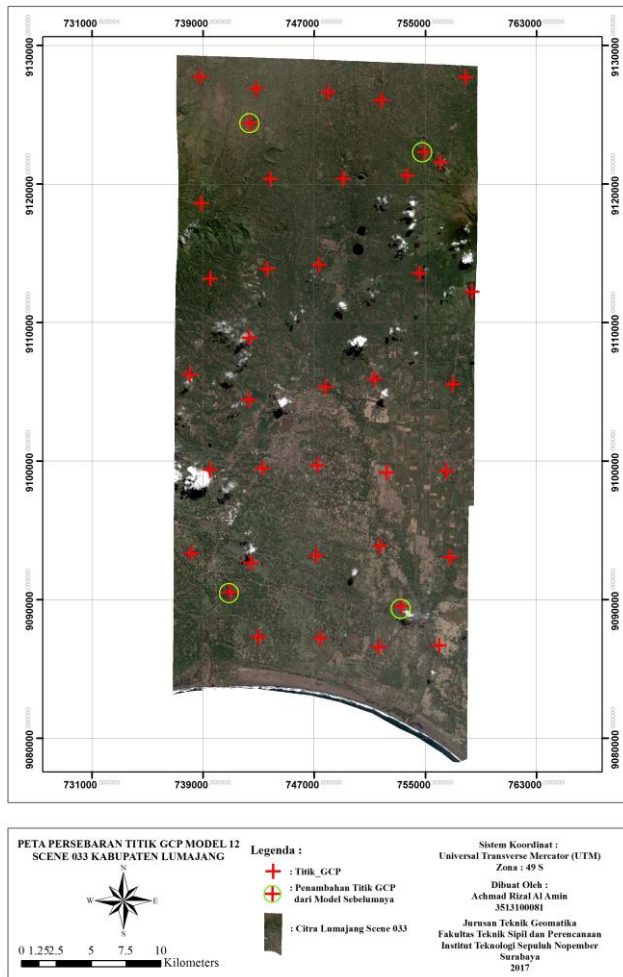
Gambar 4.16 Peta Persebaran Titik GCP Model 10

Pada persebaran titik GCP model 10 terdapat 31 titik GCP, penambahan titik GCP dilakukan dengan menambah 1 titik pada tiap kuadran. Persebaran titik tiap kuadran bernilai 25%.



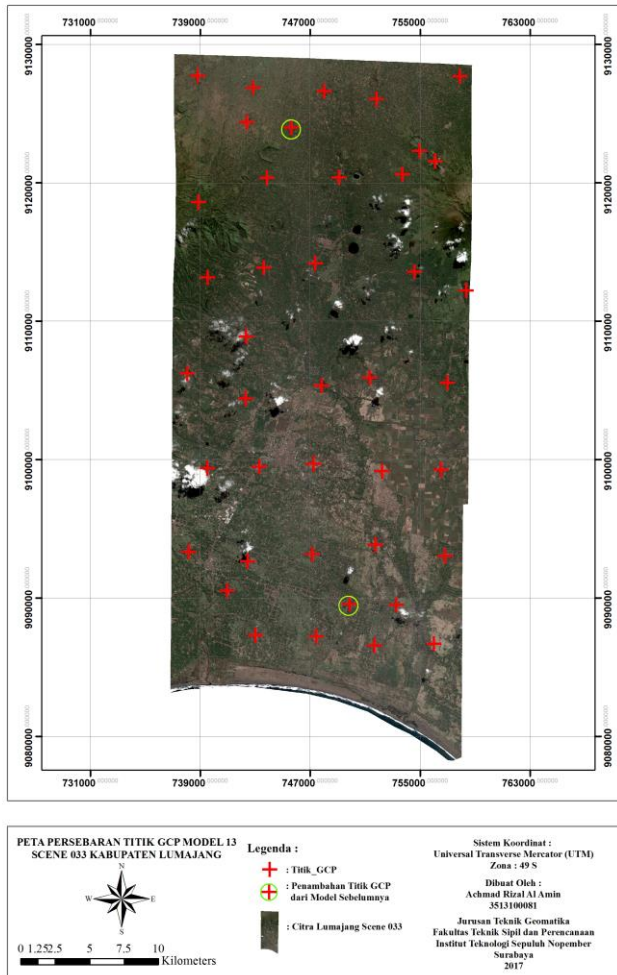
Gambar 4.17 Peta Persebaran Titik GCP Model 11

Pada persebaran titik GCP model 11 terdapat 35 titik GCP, penambahan titik GCP dilakukan dengan menambah 1 titik pada 2 kuadran dan 2 titik pada 1 kuadran. Persebaran titik tiap kuadran bernilai 21%, 25%, dan 29%.



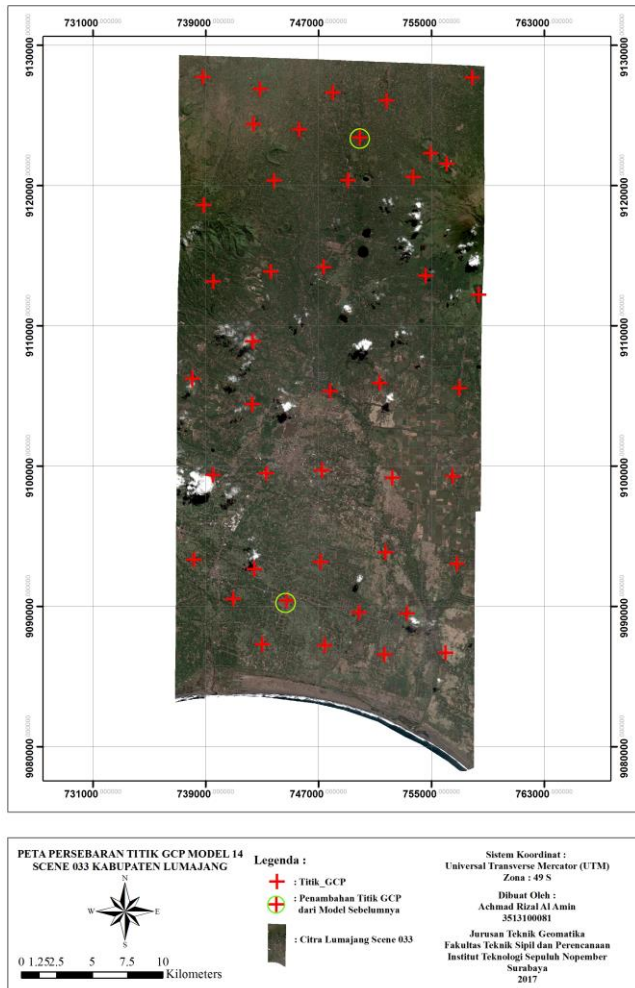
Gambar 4.18 Peta Persebaran Titik GCP Model 12

Pada persebaran titik GCP model 12 terdapat 39 titik GCP, penambahan titik GCP dilakukan dengan menambah 1 titik pada tiap kuadran. Persebaran titik tiap kuadran bernilai 21%, 25%, dan 29%.



Gambar 4.19 Peta Persebaran Titik GCP Model 13

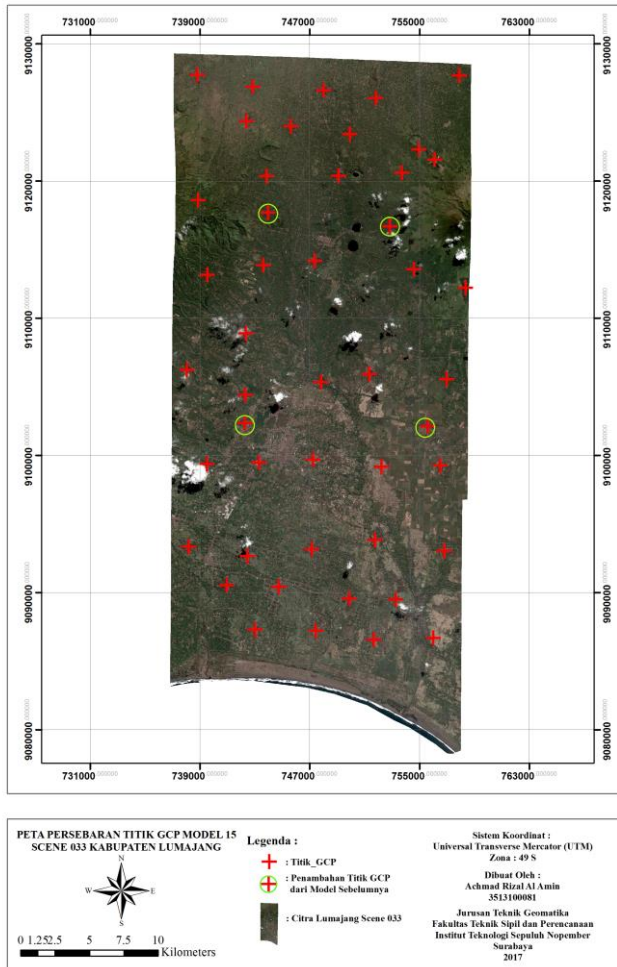
Pada persebaran titik GCP model 13 terdapat 41 titik GCP, penambahan titik GCP dilakukan dengan menambah 1 titik pada 2 kuadran. Persebaran titik tiap kuadran bernilai 20%, 24%, 26%, dan 30%.



Gambar 4.20 Peta Persebaran Titik GCP Model 14

Pada persebaran titik GCP model 14 terdapat 43 titik GCP, penambahan titik GCP dilakukan dengan menambah 1 titik pada pada 2 kuadran . Persebaran titik tiap kuadran bernilai 22%, 25%. dan 28%.

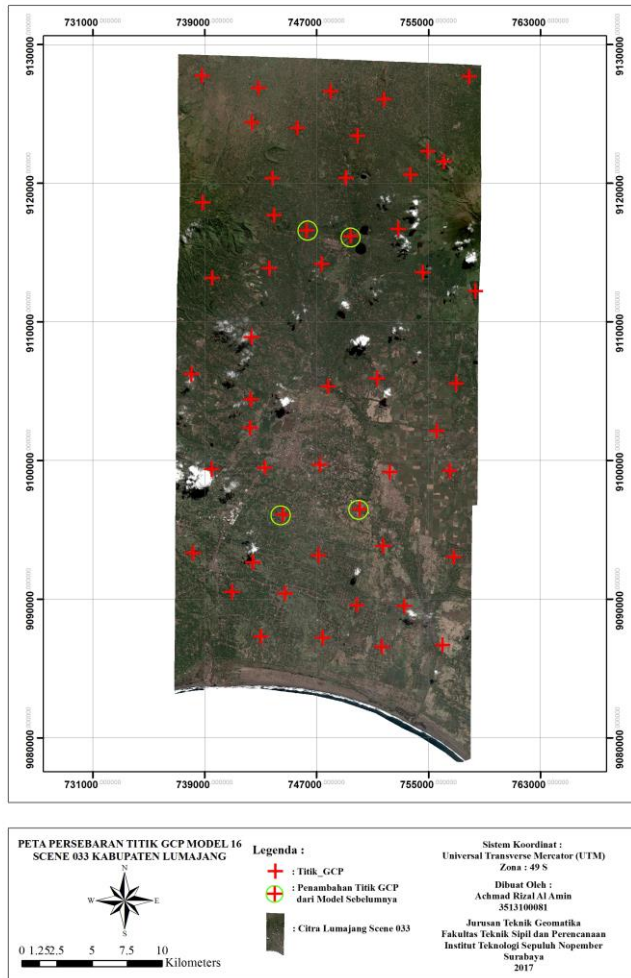




Gambar 4.21 Peta Persebaran Titik GCP Model 15

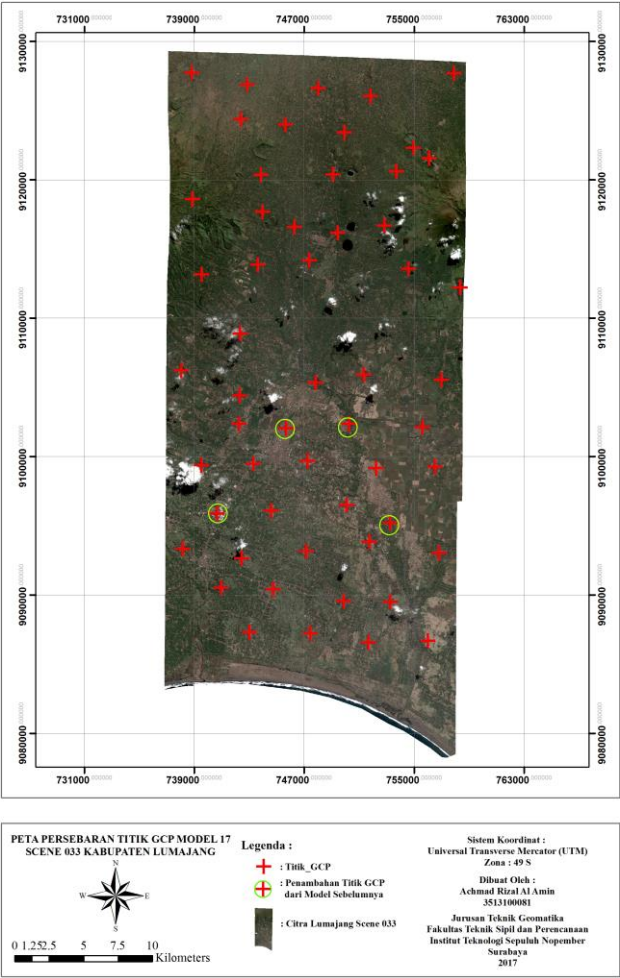
Pada persebaran titik GCP model 15 terdapat 47 titik GCP, penambahan titik GCP dilakukan dengan menambah 1 titik pada pada tiap kuadran . Persebaran titik tiap kuadran bernilai 22%, 25% . dan 28%.





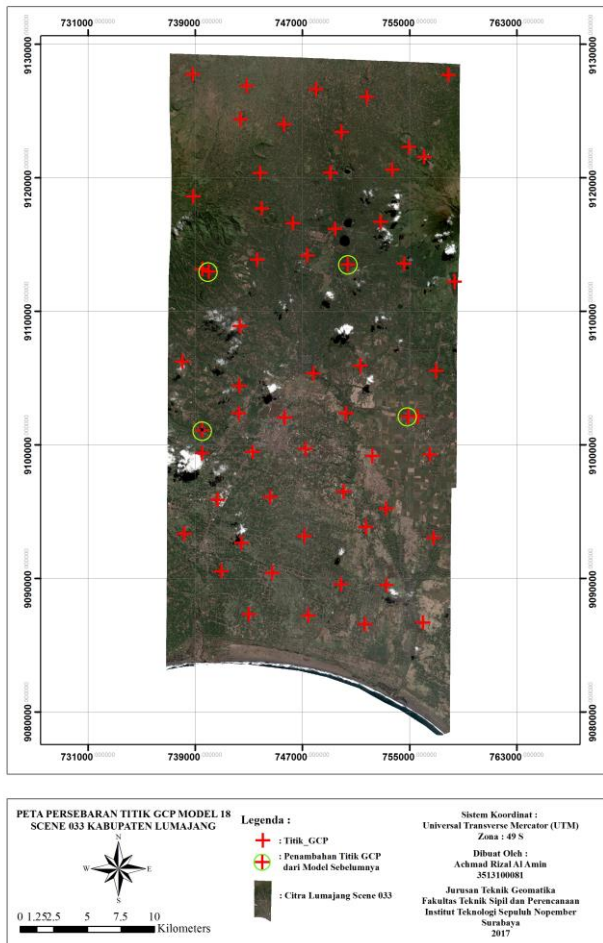
Gambar 4.22 Peta Persebaran Titik GCP Model 16

Pada persebaran titik GCP model 16 terdapat 51 titik GCP, penambahan titik GCP dilakukan dengan menambah 1 titik pada tiap kuadran. Persebaran titik tiap kuadran bernilai 22%, 25%, dan 28%.



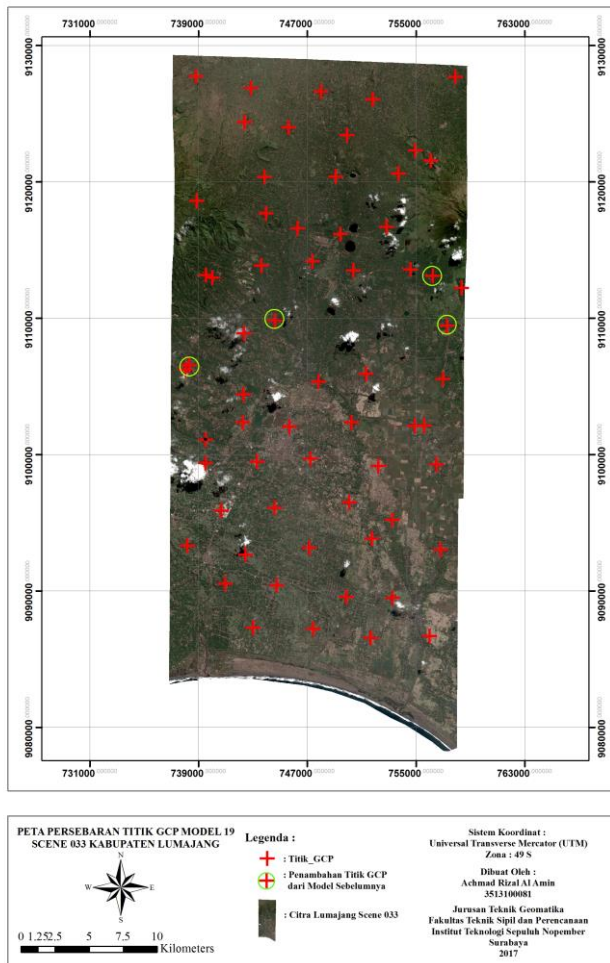
Gambar 4.23 Peta Persebaran Titik GCP Model 17

Pada persebaran titik GCP model 17 terdapat 55 titik GCP, penambahan titik GCP dilakukan dengan menambah 2 titik pada 2 kuadran . Persebaran titik tiap kuadran bernilai 22%, 25%. dan 28%.



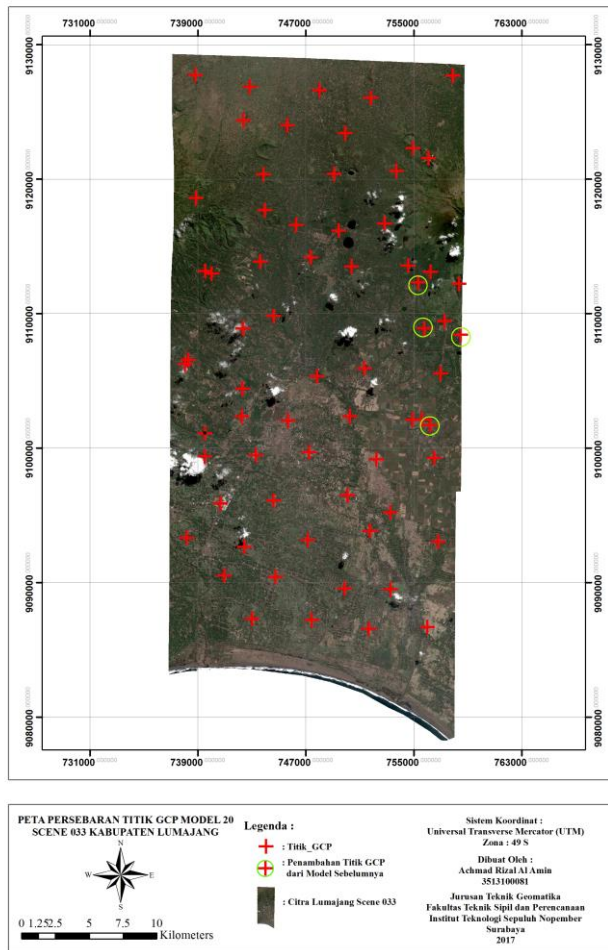
Gambar 4.24 Peta Persebaran Titik GCP Model 18

Pada persebaran titik GCP model 18 terdapat 59 titik GCP, penambahan titik GCP dilakukan dengan menambah 1 titik pada tiap kuadran . Persebaran titik tiap kuadran bernilai 23%, 25%. dan 27%.



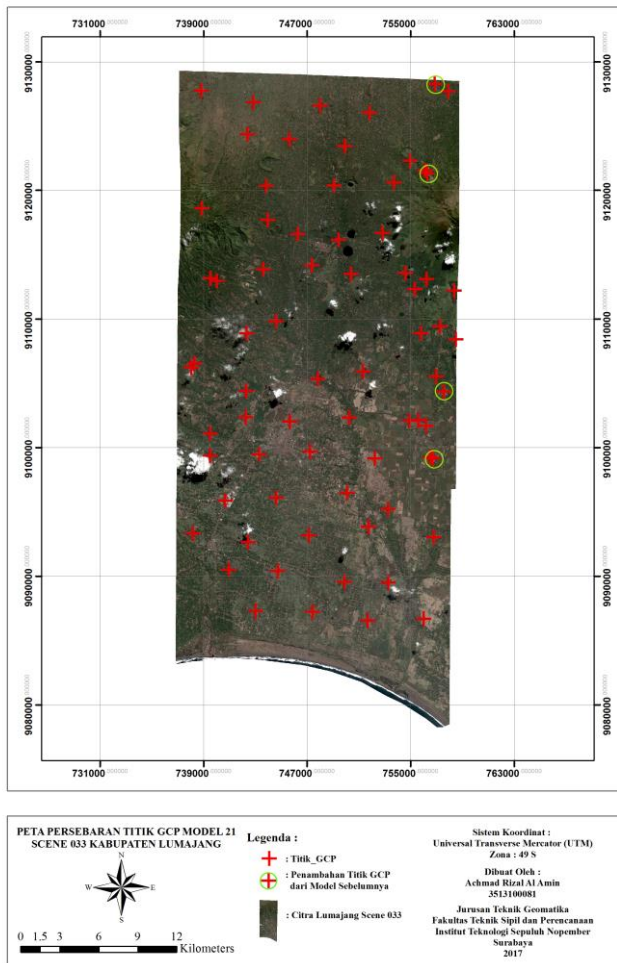
Gambar 4.25 Peta Persebaran Titik GCP Model 19

Pada persebaran titik GCP model 19 terdapat 63 titik GCP, penambahan titik GCP dilakukan dengan menambah 2 titik pada 2 kuadran . Persebaran titik tiap kuadran bernilai 23%, 25% . dan 27% .



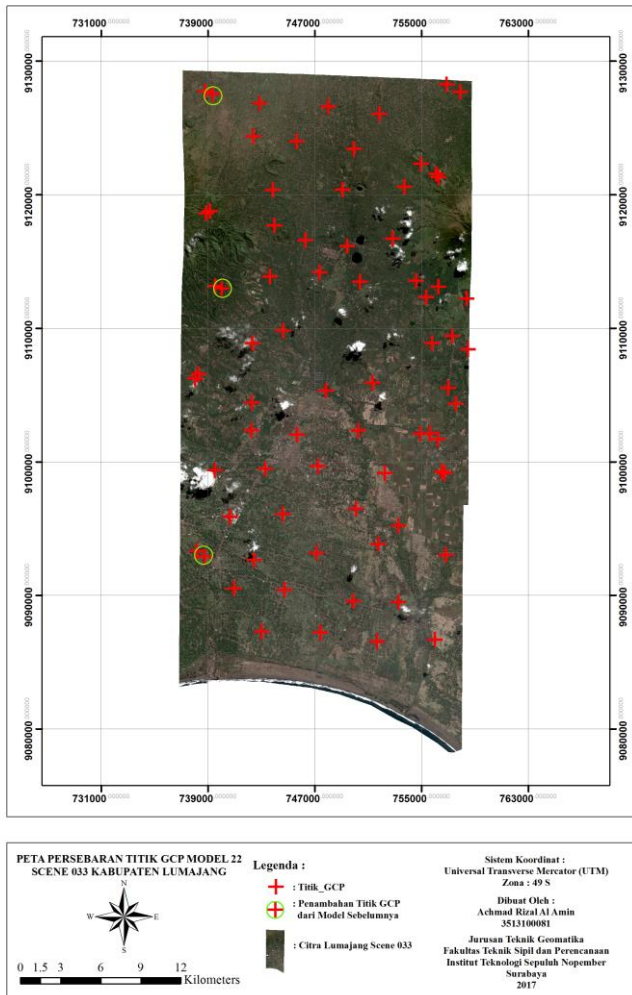
Gambar 4.26 Peta Persebaran Titik GCP Model 20

Pada persebaran titik GCP model 20 terdapat 67 titik GCP, penambahan titik GCP dilakukan dengan menambah 1 titik pada 1 kuadran dan 3 titik pada 1 kuadran. Persebaran titik tiap kuadran bernilai 22%, 25%, dan 28%.



Gambar 4.27 Peta Persebaran Titik GCP Model 21

Pada persebaran titik GCP model 21 terdapat 71 titik GCP, penambahan titik GCP dilakukan dengan menambah 2 titik pada 2 kuadran. Persebaran titik tiap kuadran bernilai 23%, 25% dan 27%.



Gambar 4.28 Peta Persebaran Titik GCP Model 22

Persebaran titik GCP model 22 dilakukan dengan cara mengplot keseluruhan titik pengukuran sebanyak 74 titik. Model terakhir ini hanya digunakan untuk melihat grafik perubahan nilai RMSE GCP.

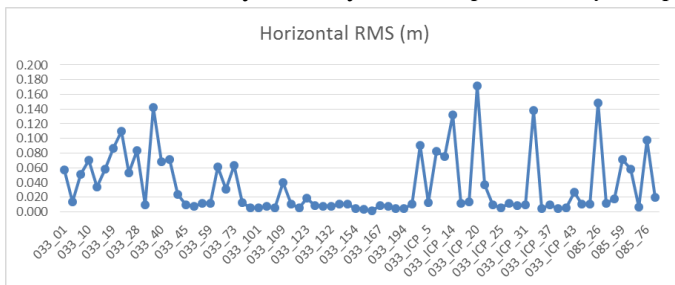
Pada model persebaran GCP diatas, ICP merupakah titik pengukuran selain GCP. Sehingga jumlah ICP = 74 – GCP. Jumlah tersebut juga dapat dilihat pada tabel 4.1.

Dapat dilihat bahwa untuk pertama kali memasukkan titik GCP yang terdapat model 2, penulis menggunakan jumlah titik pengukuran sebanyak 8 titik dan bukan 7 titik sebagai syarat minimal penggunaan titik pengukuran tanah pada polinomial orde 1. Hal tersebut dikarenakan jikalau menggunakan titik pengukuran tanah sebanyak 7, maka syarat yang ditetapkan BIG untuk persebaran titik sebanyak 20% tiap kuadran tidak terpenuhi karena ada salah satu kuadran yang hanya bernilai 14% (1/7) dari keseluruhan jumlah titik.

#### 4.4 Hasil Pengukuran GCP dan ICP

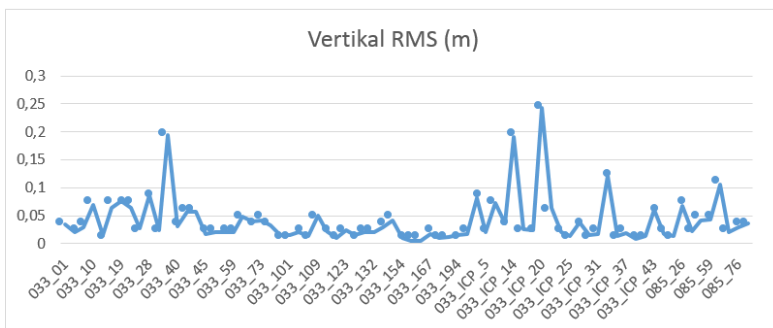
Pengukuran titik kontrol tanah pada penelitian ini menggunakan GPS geodetik dual frekuensi. Pengukuran GCP secara *differential* menggunakan metode statik dengan durasi pengukuran 30 - 45 menit (sesuai ketentuan BIG tentang pembuatan peta skala 1:5000) tergantung jarak baseline terbentuk antara BM BIG dengan titik kontrol yang diukur.

Hasil dari pengukuran titik kontrol diperoleh nilai residual titiknya antara 0,002 - 0,172 meter untuk ketelitian horizontalnya dan 0,005 - 0,242 meter untuk ketelitian vertikalnya . Nilai residual diakibatkan oleh noise sinyal GPS yaitu *multipath* dan *cyle slips*.



Gambar 4.29 Grafik Ketelitian Posisi Horizontal Titik Kontrol Tanah dari Pengukuran GPS





Gambar 4.30 Grafik Ketelitian Posisi Vertikal Titik Kontrol Tanah dari Pengukuran GPS  
(Sumber : Hasil Analisis, 2016)

Berdasarkan ketelitian posisi horizontal dan vertikal yang disyaratkan oleh ketentuan BIG pada pembuatan peta skala 1:5000 (Tabel 4.2), maka didapat ketelitian geometri horizontal bernilai 1 meter.

Tabel 4.2 Ketelitian Geometri Peta Skala 1:5000  
(Sumber: SNI, 2015)

Skala	Interval kontur (m)	Ketelitian Peta RBI (m)					
		Kelas 1		Kelas 2		Kelas 3	
		Horizental (CE 90)	Vertikal (LE 90)	Horizental (CE 90)	Vertikal (LE 90)	Horizental (CE 90)	Vertikal (LE 90)
1:5000	2	1 m	1 m	1,5 m	1,50 m	2,5 m	2,50 m

(Sumber: SNI, 2015)

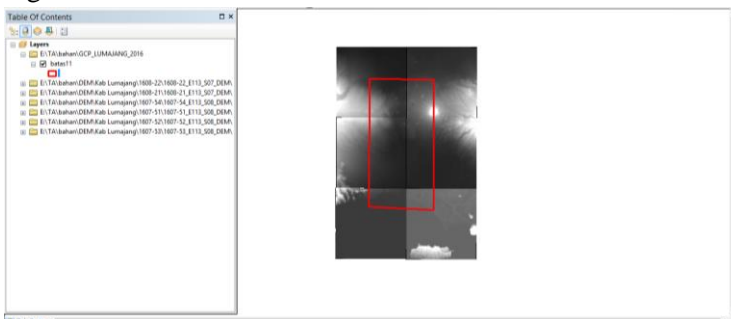
Dari tabel tersebut dapat dilihat bahwa ketelitian horizontal dan vertikal maksimal sebesar 1 meter. Sehingga didapat standart deviasi pengukuran horizontal dan vertikal yang diperbolehkan harus kurang dari nilai mutlak  $\pm 0,5$  meter.

Standart deviasi maksimal horizontal :  $\pm 0.50$  meter  
 Standart deviasi maksimal vertikal :  $\pm 0.50$  meter

Maka dapat disimpulkan dari data pengukuran titik uji tanah yang telah dilakukan, keseluruhan titik dapat digunakan untuk proses ortorektifikasi citra dikarenakan hasil dari pengukuran titik kontrol diperoleh nilai residual untuk ketelitian horizontalnya antara 0,002 - 0,172 meter dan 0,005 - 0,242 meter untuk ketelitian vertikalnya yang berarti, nilainya lebih kecil dari std deviasi maksimal yang ditoleransikan.

#### **4.5 Analisa Ketelitian Data Elevation Model (DEM)**

Pada penelitian ini, data DEM yang digunakan adalah data DEM TerraSARX SRTM/XSAR dengan ketelitian relatif 6 meter. Pada penelitian ini, digunakan 6 scene data DEM yang berlokasi di kabupaten lumajang. DEM yang digunakan adalah DEM 1607-51, 1607-52, 1607-53, 1607-54, 1608-21, 1608-22 yang dapat dilihat pada gambar 4.17 berikut.

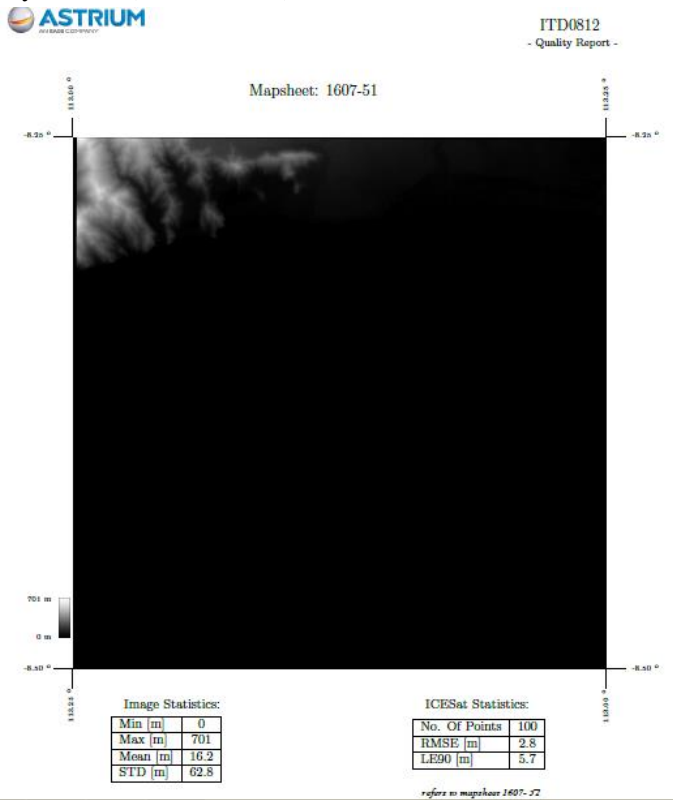


Gambar 4.31 Ilustrasi Data DEM dan Cakupan Wilayah Penelitian  
 (Sumber : Hasil Analisa, 2016)

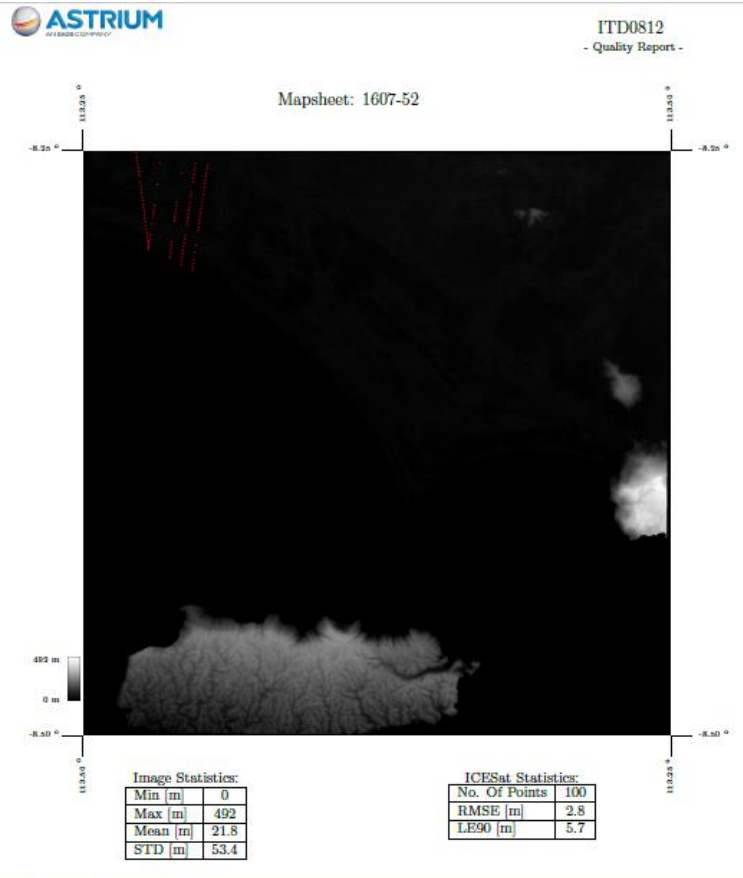
Berdasarkan ketentuan BIG 2015 untuk keperluan pembuatan peta RBI, maka tingkat akurasi DEM yang digunakan haruslah  $\leq$

(Resolusi Spasial Citra x 20). Sehingga pembuatan peta skala 1:5000 pada penelitian ini haruslah memiliki akurasi vertikal  $\leq 10$  meter.

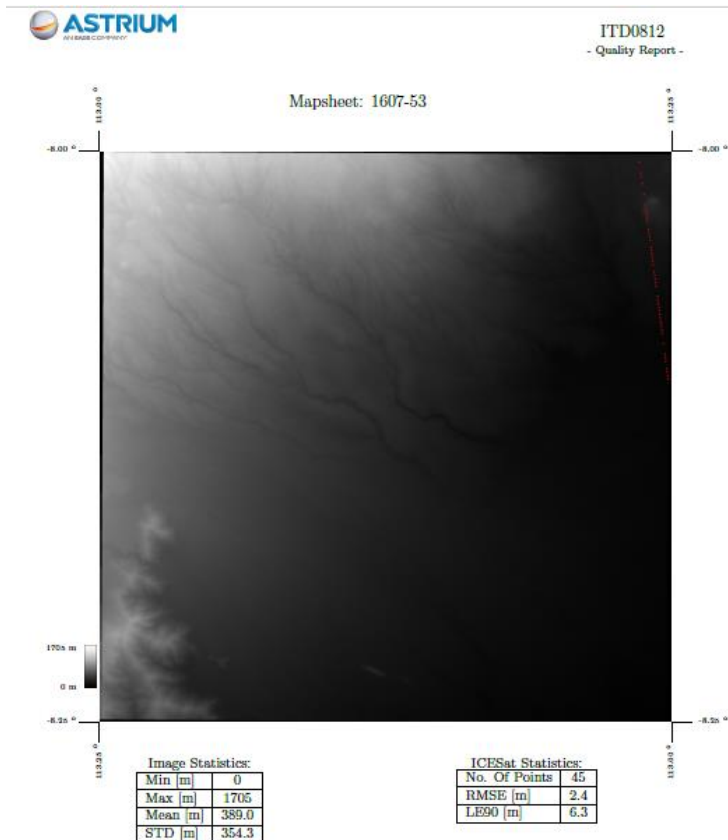
Berikut merupakan *quality report* ketelitian vertikal pada data DEM TerraSAR-X yang digunakan pada penelitian dengan tingkat kepercayaan LE (*Linier Error*) sebesar 90%.



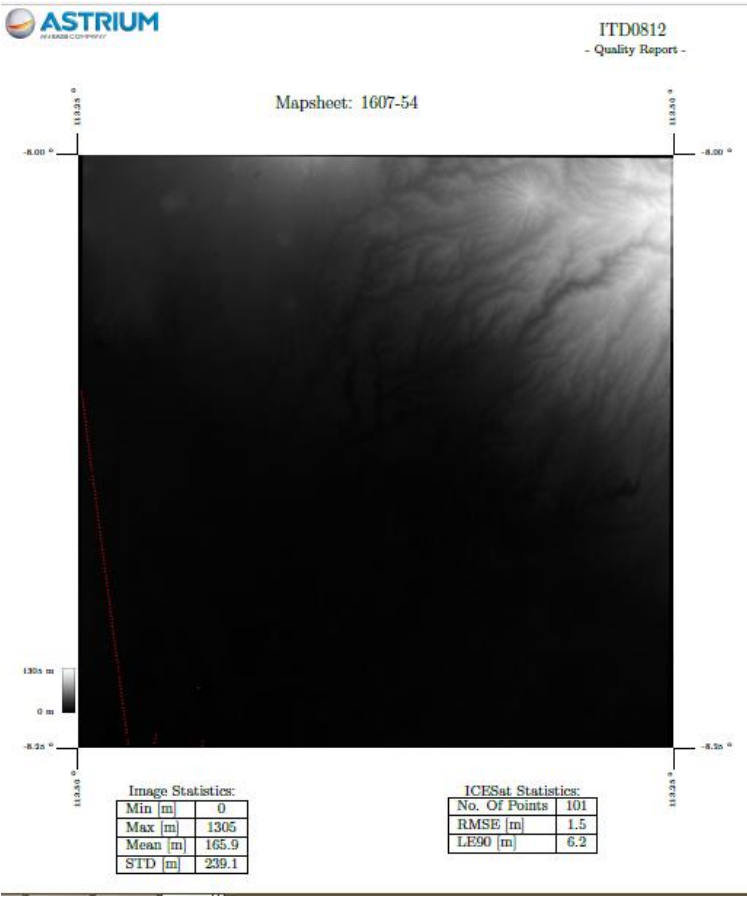
Gambar 4.32 *Quality Report* DEM 1607-51  
(Sumber : MetaData DEM TerraSAR-X)



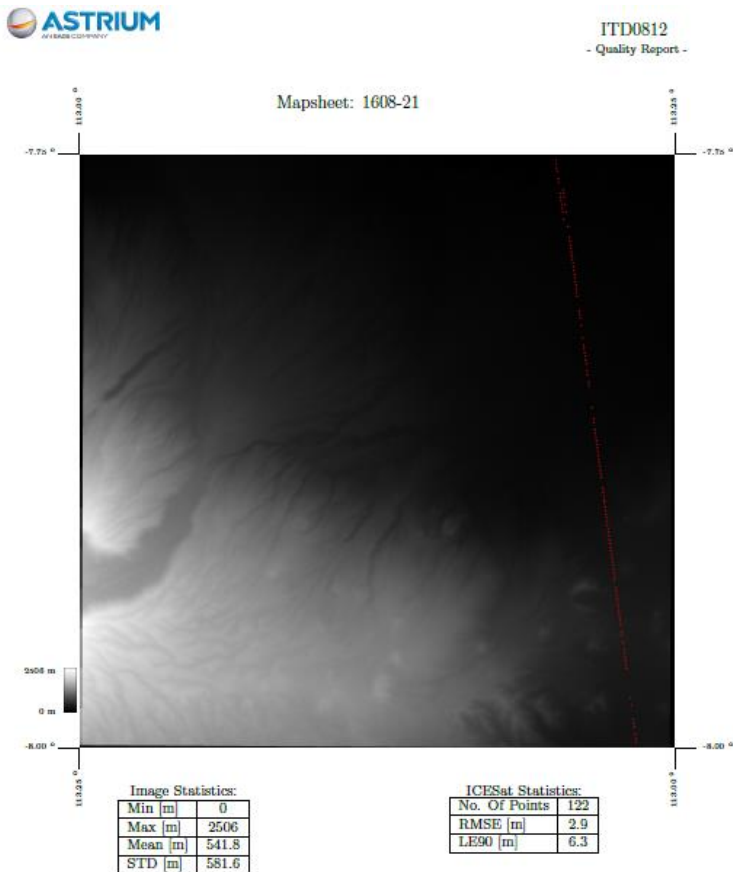
Gambar 4.33 *Quality Report* DEM 1607-52  
(Sumber : MetaData DEM TerraSAR-X)



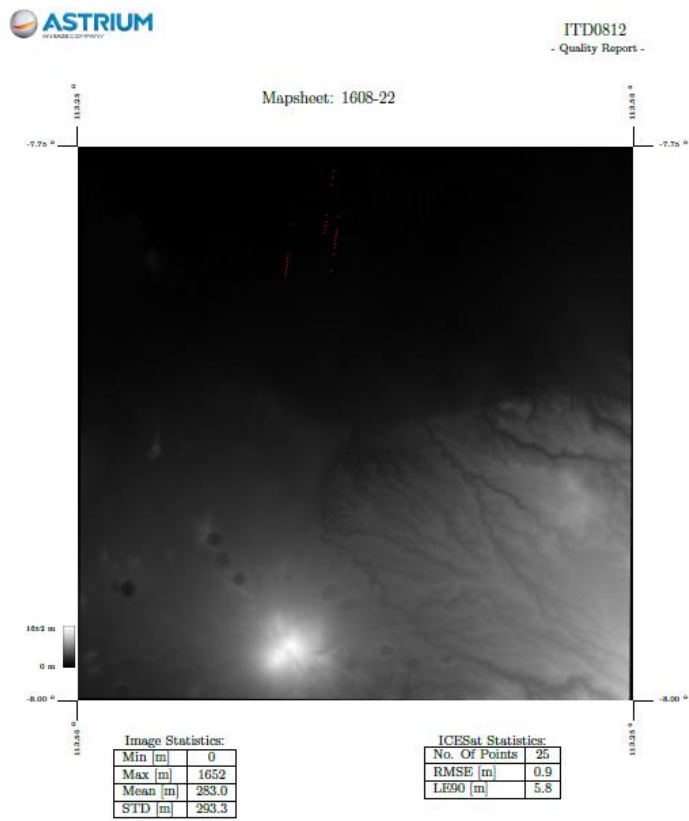
Gambar 4.34 *Quality Report* DEM 1607-53  
(Sumber : MetaData DEM TerraSAR-X)



Gambar 4.35 *Quality Report DEM 1607-54*  
(Sumber : MetaData DEM TerraSAR-X)



Gambar 4.36 *Quality Report DEM 1608-21*  
(Sumber : MetaData DEM TerraSAR-X)



Gambar 4.37 *Quality Report* DEM 1608-22  
(Sumber : MetaData DEM TerraSAR-X)



Ketelitian vertikal pada tiap DEM diatas dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4.3 Ketelitian DEM pada LE90

(Sumber : Hasil Analisa, 2016)

DEM	RMSE (m)	LE90 (m)
1607-51	2,8	5,7
1607-52	2,8	5,7
1607-53	2,4	6,3
1607-54	1,5	6,2
1608-21	2,9	6,3
1608-22	0,9	5,8

Dari data diatas, dapat dilihat bahawa akurasi vertikal data DEM yang digunakan berkisar antara 5,7 - 6,3 meter pada LE90. LE90 adalah ukuran ketelitian geometrik vertikal (ketinggian) yaitu nilai jarak yang menunjukkan bahwa 90% kesalahan atau perbedaan nilai ketinggian objek di peta dengan nilai ketinggian sebenarnya tidak lebih besar daripada nilai jarak tersebut. Sehingga data DEM tersebut dapat digunakan dalam proses ortorektifikasi peta skala 1:5000. Dikarenakan memiliki ketelitian  $\leq 10$  meter (20xResolusi spasial) seperti yang telah disyaratkan oleh BIG.

#### **4.6 Hasil RMSE Ortorektifikasi**

Proses ortorektifikasi yang menggunakan metode *Rational Function* memiliki 3 pilihan orde polinomial. Orde 1 (*Nearest Neighbour*) membutuhkan minimal 7 GCP, Orde 2 (*Bilinear Interpolation*) membutuhkan minimal 19 GCP, dan orde 3 (*Cubic Convolution*) membutuhkan minimal 39 GCP.

Terdapat beberapa faktor dalam pemilihan orde polinomial yaitu jumlah titik kontrol yang tersedia, keadaan topografi daerah, serta kesalahan atau distorsi pada citra yang akan direktifikasi. Pada penelitian ini akan digunakan ketiga orde polinomial sesuai GCP yang digunakan. Sehingga akan ada model jumlah GCP yang akan

diolah hanya menggunakan orde 1, orde 1 & 2, ataupun ketiga orde 1, 2, & 3.

Untuk mengetahui akurasi hasil ortorektifikasi citra dapat dilihat dari nilai *RMS Error*. Nilai *RMS Error* menunjukkan ketelitian geometris hasil citra setelah proses ortorektifikasi dilakukan. Penelitian ini menggunakan ketiga orde polinomial yang bertujuan untuk mencari nilai *RMS Error* terkecil pada berbagai tingkat orde.

Nilai *RMS Error* GCP bertujuan untuk melihat apakah suatu citra telah layak digunakan untuk proses pengolahan selanjutnya ataupun belum. Sedangkan nilai *RMS Error* ICP digunakan untuk menentukan berapa skala maksimal citra yang diperbolehkan dalam pembuatan peta tematik.

Berikut merupakan hasil *RMS Error* GCP dan ICP pada berbagai tingkatan Orde pada 22 model jumlah GCP dan ICP.

Tabel 4.4 Nilai RMS *Error* GCP dan ICP Orde 1 (dalam meter)  
(Sumber : Hasil Analisa, 2016)

Model	GCP	ICP	Orde 1					
			X RMS	Y RMS	RMSE GCP	X RMS	Y RMS	RMSE ICP
1	0	74	-	-	-	20.62	2.57	20.78
2	8	66	0.99	1.68	1.95	0.73	1.39	1.57
3	9	65	0.93	1.63	1.88	0.73	1.35	1.53
4	13	61	0.83	1.49	1.71	0.74	1.34	1.53
5	17	57	0.73	1.38	1.56	0.76	1.37	1.57
6	19	55	0.72	1.49	1.65	0.83	1.33	1.57
7	21	53	0.77	1.45	1.64	0.74	1.34	1.53
8	23	51	0.74	1.41	1.59	0.75	1.35	1.54
9	27	47	0.72	1.37	1.55	0.77	1.37	1.57
10	31	43	0.74	1.43	1.61	0.75	1.32	1.52
11	35	39	0.74	1.43	1.61	0.76	1.32	1.52
12	39	35	0.75	1.39	1.58	0.76	1.35	1.55
13	41	33	0.74	1.39	1.57	0.78	1.34	1.55
14	43	31	0.72	1.37	1.55	0.81	1.37	1.59
15	47	27	0.7	1.35	1.52	0.84	1.4	1.63
16	51	23	0.68	1.33	1.49	0.9	1.48	1.73
17	55	19	0.66	1.29	1.45	0.99	1.6	1.88
18	59	15	0.65	1.29	1.44	1.08	1.68	2.00
19	63	11	0.66	1.31	1.47	1.14	1.69	2.04
20	67	7	0.7	1.33	1.50	1.11	1.73	2.06
21	71	3	0.73	1.35	1.53	1.08	1.8	2.10
22	74	0	0.74	1.37	1.56	-	-	-

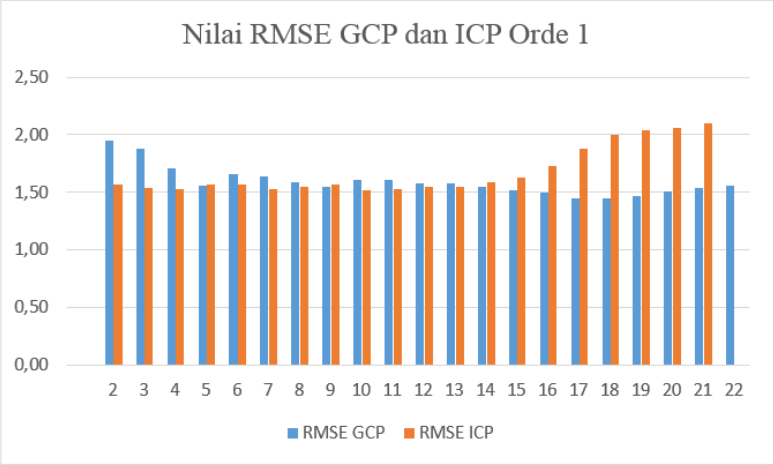
Tabel 4.5 Nilai RMS *Error* GCP dan ICP Orde 2 (dalam meter)  
(Sumber : Hasil Analisa, 2016)

Model	GCP	ICP	Orde 2					
			X RMS	Y RMS	RMSE GCP	X RMS	Y RMS	RMSE ICP
1	0	74	-	-	-	20.62	2.57	20.78
2	8	66	-	-	-	-	-	-
3	9	65	-	-	-	-	-	-
4	13	61	-	-	-	-	-	-
5	17	57	-	-	-	-	-	-
6	19	55	0.58	0.66	0.88	0.53	0.67	0.85
7	21	53	0.45	0.72	0.85	0.41	0.63	0.75
8	23	51	0.44	0.72	0.84	0.41	0.63	0.75
9	27	47	0.43	0.69	0.81	0.42	0.65	0.77
10	31	43	0.41	0.68	0.79	0.43	0.64	0.77
11	35	39	0.42	0.65	0.77	0.41	0.67	0.79
12	39	35	0.44	0.71	0.84	0.38	0.6	0.71
13	41	33	0.45	0.71	0.84	0.39	0.59	0.71
14	43	31	0.44	0.69	0.82	0.39	0.61	0.72
15	47	27	0.43	0.67	0.80	0.41	0.63	0.75
16	51	23	0.41	0.65	0.77	0.44	0.65	0.78
17	55	19	0.4	0.66	0.77	0.47	0.7	0.84
18	59	15	0.4	0.65	0.76	0.49	0.74	0.89
19	63	11	0.4	0.66	0.77	0.52	0.71	0.88
20	67	7	0.4	0.65	0.76	0.55	0.77	0.95
21	71	3	0.4	0.65	0.76	0.72	0.72	1.02
22	74	0	0.41	0.66	0.78	-	-	-

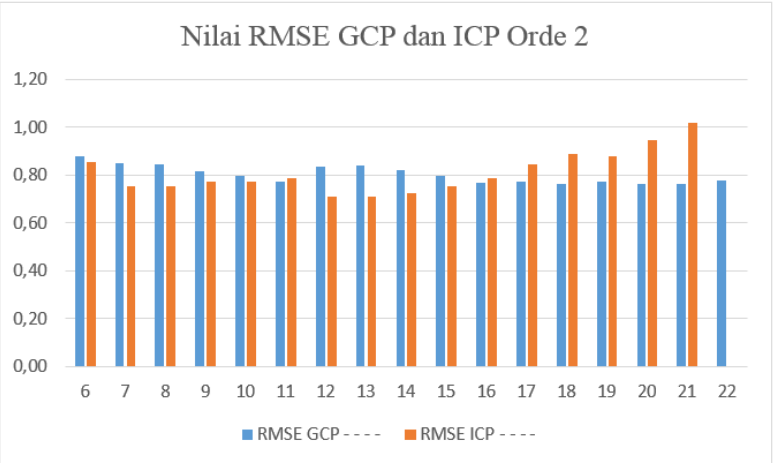
Tabel 4.6 Nilai RMS *Error* GCP dan ICP Orde 3 (dalam meter)

(Sumber : Hasil Analisa, 2016)

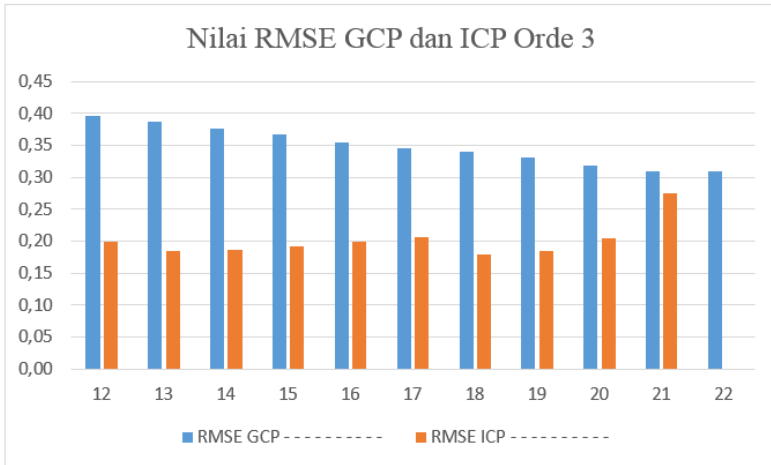
Model	GCP	ICP	Orde 3					
			X RMS	Y RMS	RMSE GCP	X RMS	Y RMS	RMSE ICP
1	0	74	-	-	-	20.62	2.57	20.78
2	8	66	-	-	-	-	-	-
3	9	65	-	-	-	-	-	-
4	13	61	-	-	-	-	-	-
5	17	57	-	-	-	-	-	-
6	19	55	-	-	-	-	-	-
7	21	53	-	-	-	-	-	-
8	23	51	-	-	-	-	-	-
9	27	47	-	-	-	-	-	-
10	31	43	-	-	-	-	-	-
11	35	39	-	-	-	-	-	-
12	39	35	0.14	0.37	0.40	0.12	0.16	0.20
13	41	33	0.14	0.36	0.39	0.12	0.14	0.18
14	43	31	0.14	0.35	0.38	0.11	0.15	0.19
15	47	27	0.14	0.34	0.37	0.12	0.15	0.19
16	51	23	0.13	0.33	0.35	0.12	0.16	0.20
17	55	19	0.13	0.32	0.35	0.13	0.16	0.21
18	59	15	0.14	0.31	0.34	0.08	0.16	0.18
19	63	11	0.14	0.3	0.33	0.07	0.17	0.18
20	67	7	0.13	0.29	0.32	0.04	0.2	0.20
21	71	3	0.13	0.28	0.31	0.05	0.27	0.27
22	74	0	0.13	0.28	0.31	-	-	-



Gambar 4.38 Grafik nilai RMS *Error* GCP dan ICP Orde 1 (dalam meter)  
(Sumber : Hasil Analisa, 2016)



Gambar 4.39 Grafik nilai RMS *Error* GCP dan ICP Orde 2 (dalam meter)  
(Sumber : Hasil Analisa, 2016)



Gambar 4.40 Grafik nilai RMS *Error* GCP dan ICP Orde 3 (dalam meter)  
(Sumber : Hasil Analisa, 2016)

Dapat dilihat bahwa untuk memenuhi nilai RMSE GCP, penggunaan 8 GCP telah memasuki toleransi ketelitian RMSE senilai 2,5 meter.

#### 4.7 Analisis Ketelitian Planimetris

Dalam SNI 8202:2015 tentang ketelitian peta dasar ketelitian peta RBI (Rupa Bumi Indonesia) dinyatakan ketentuan ketelitian geometris peta RBI didasarkan menjadi 3 kelas ketelitian, yaitu ;

Tabel 4.7 Ketentuan Ketelitian Geometri Peta RBI Berdasarkan Kelas  
(Sumber: SNI, 2015)

Ketelitian	Kelas 1	Kelas 2	Kelas 3
Horizontal	0,2 mm x bilangan skala	0,3 mm x bilangan skala	0,5 mm x bilangan skala

Hasil dan analisa planimetris untuk setiap orde 1, 2, dan 3 ortorektifikasi dapat djelaskan sebagai berikut.

#### 4.7.1 Analisis Ketelitian Planimetris *Rational Function* Orde1

Berikut merupakan tabel hubungan antara model, dengan RMS *Error* ICP, dan skala peta yang dihasilkan pada berbagai kelas ketelitian geometri pada *Rational Function* polinomial Orde 1.

Tabel 4.8 Analisa Planimetris *Rational Function* Orde 1  
(Sumber: Hasil Analisa, 2016)

Model	GCP	RMSE ICP (meter)	Pergeseran (Pixel)	Kelas 3 (0.5mm x Skala Peta)		Kelas 2 (0.3mm x Skala Peta)		Kelas 1 (0.2mm x Skala Peta)	
				Skala Maksimal Peta Secara Geometrik	Masuk Toleransi Peta Skala 1:5000	Skala Maksimal Peta Secara Geometrik	Masuk Toleransi Peta Skala 1:5000	Skala Maksimal Peta Secara Geometrik	Masuk Toleransi Peta Skala 1:5000
1	0	20.78	41.6	1 : 42.000	Tidak	1 : 70.000	Tidak	1 : 110.000	Tidak
2	8	1.57	3.1	1 : 3.200	Ya	1 : 5.300	Tidak	1 : 7.900	Tidak
3	9	1.53	3.1	1 : 3.100	Ya	1 : 5.200	Tidak	1 : 7.700	Tidak
4	13	1.53	3.1	1 : 3.100	Ya	1 : 5.200	Tidak	1 : 7.700	Tidak
5	17	1.57	3.1	1 : 3.200	Ya	1 : 5.300	Tidak	1 : 7.900	Tidak
6	19	1.57	3.1	1 : 3.200	Ya	1 : 5.300	Tidak	1 : 7.900	Tidak
7	21	1.53	3.1	1 : 3.100	Ya	1 : 5.200	Tidak	1 : 7.700	Tidak
8	23	1.54	3.1	1 : 3.100	Ya	1 : 5.200	Tidak	1 : 7.800	Tidak
9	27	1.57	3.1	1 : 3.200	Ya	1 : 5.300	Tidak	1 : 7.900	Tidak
10	31	1.52	3.0	1 : 3.100	Ya	1 : 5.200	Tidak	1 : 7.600	Tidak
11	35	1.52	3.0	1 : 3.100	Ya	1 : 5.200	Tidak	1 : 7.700	Tidak
12	39	1.55	3.1	1 : 3.100	Ya	1 : 5.200	Tidak	1 : 7.800	Tidak
13	41	1.55	3.1	1 : 3.100	Ya	1 : 5.200	Tidak	1 : 7.800	Tidak
14	43	1.59	3.2	1 : 3.200	Ya	1 : 5.400	Tidak	1 : 8.000	Tidak
15	47	1.63	3.3	1 : 3.300	Ya	1 : 5.500	Tidak	1 : 8.200	Tidak
16	51	1.73	3.5	1 : 3.500	Ya	1 : 5.800	Tidak	1 : 8.700	Tidak
17	55	1.88	3.8	1 : 3.800	Ya	1 : 6.300	Tidak	1 : 9.500	Tidak
18	59	2.00	4.0	1 : 4.000	Ya	1 : 6.700	Tidak	1 : 10.000	Tidak
19	63	2.04	4.1	1 : 4.100	Ya	1 : 6.800	Tidak	1 : 11.000	Tidak
20	67	2.06	4.1	1 : 4.100	Ya	1 : 6.900	Tidak	1 : 11.000	Tidak
21	71	2.10	4.2	1 : 4.200	Ya	1 : 7.000	Tidak	1 : 11.000	Tidak
22	74	-	-	-	-	-	-	-	-

Pada tabel diatas dapat dilihat bahwa polinomial orde 1 hanya dapat digunakan untuk pembuatan peta skala 1:5000 pada kelas 3. Pembuatan peta skala 1:5000 kelas 2 dan 1 tidak memenuhi toleransi geometris.

Pada tabel diatas, dapat dilihat juga nilai optimal jumlah GCP pada polinomial orde 1 *Rational Function* terdapat pada model 3 dengan jumlah GCP sebanyak 9 buah.



#### 4.7.2 Analisis Ketelitian Planimetris *Rational Function* Orde 2

Berikut merupakan tabel hubungan antara model, dengan RMS *Error* ICP, dan skala peta yang dihasilkan pada berbagai kelas ketelitian geometri pada *Rational Function* polinomial Orde 2.

Tabel 4.9 Analisa Planimetris *Rational Function* Orde 2  
(Sumber: Hasil Analisa, 2016)

Model	GCP	RMSE ICP (meter)	Pergeseran (Pixel)	Kelas 3 (0,5mm x Skala Peta)		Kelas 2 (0,3mm x Skala Peta)		Kelas 1 (0,2mm x Skala Peta)	
				Skala Maksimal Peta Secara Geometrik	Masuk Toleransi Peta Skala 1:5000	Skala Maksimal Peta Secara Geometrik	Masuk Toleransi Peta Skala 1:5000	Skala Maksimal Peta Secara Geometrik	Masuk Toleransi Peta Skala 1:5000
1	0	20.78	41.6	1 : 42.000	Tidak	1 : 70.000	Tidak	1 : 110.000	Tidak
2	8	-	-	-	-	-	-	-	-
3	9	-	-	-	-	-	-	-	-
4	13	-	-	-	-	-	-	-	-
5	17	-	-	-	-	-	-	-	-
6	19	0.85	1.7	1 : 1.800	Ya	1 : 2.900	Ya	1 : 4.300	Ya
7	21	0.75	1.5	1 : 1.600	Ya	1 : 2.500	Ya	1 : 3.800	Ya
8	23	0.75	1.5	1 : 1.600	Ya	1 : 2.500	Ya	1 : 3.800	Ya
9	27	0.77	1.5	1 : 1.600	Ya	1 : 2.600	Ya	1 : 3.900	Ya
10	31	0.77	1.5	1 : 1.600	Ya	1 : 2.600	Ya	1 : 3.900	Ya
11	35	0.79	1.6	1 : 1.600	Ya	1 : 2.700	Ya	1 : 4.000	Ya
12	39	0.71	1.4	1 : 1.500	Ya	1 : 2.400	Ya	1 : 3.600	Ya
13	41	0.71	1.4	1 : 1.500	Ya	1 : 2.400	Ya	1 : 3.600	Ya
14	43	0.72	1.4	1 : 1.500	Ya	1 : 2.500	Ya	1 : 3.700	Ya
15	47	0.75	1.5	1 : 1.600	Ya	1 : 2.500	Ya	1 : 3.800	Ya
16	51	0.78	1.6	1 : 1.600	Ya	1 : 2.600	Ya	1 : 4.000	Ya
17	55	0.84	1.7	1 : 1.700	Ya	1 : 2.800	Ya	1 : 4.300	Ya
18	59	0.89	1.8	1 : 1.800	Ya	1 : 3.000	Ya	1 : 4.500	Ya
19	63	0.88	1.8	1 : 1.800	Ya	1 : 3.000	Ya	1 : 4.400	Ya
20	67	0.95	1.9	1 : 1.900	Ya	1 : 3.200	Ya	1 : 4.800	Ya
21	71	1.02	2.0	1 : 2.100	Ya	1 : 3.400	Ya	1 : 5.100	Tidak
22	74	-	-	-	-	-	-	-	-

Pada tabel diatas dapat dilihat bahwa polinomial orde 2 dapat digunakan untuk pembuatan peta skala 1:5000 kelas 1, kelas 2, dan kelas 3.

Pada tabel diatas, dapat dilihat juga nilai optimal jumlah GCP pada polinomial orde 2 *Rational Function* terdapat pada model 7 dengan jumlah GCP sebanyak 21 buah dan model 12 dengan jumlah GCP sebanyak 39 buah.

#### 4.7.3 Analisis Ketelitian Planimetris *Rational Function* Orde 3

Berikut merupakan tabel hubungan antara model, dengan RMS *Error* ICP, dan skala peta yang dihasilkan pada berbagai kelas ketelitian geometri pada *Rational Function* polinomial Orde 3.

Tabel 4.10 Analisa Planimetris *Rational Function* Orde 3  
(Sumber: Hasil Analisa, 2016)

Model	GCP	RMSE ICP (meter)	Pergeseran (Pixel)	Kelas 3 (0,5mm x Skala Peta)		Kelas 2 (0,3mm x Skala Peta)		Kelas 1 (0,2mm x Skala Peta)	
				Skala Maksimal Peta Secara Geometrik	Masuk Toleransi Peta Skala 1:5000	Skala Maksimal Peta Secara Geometrik	Masuk Toleransi Peta Skala 1:5000	Skala Maksimal Peta Secara Geometrik	Masuk Toleransi Peta Skala 1:5000
1	0	20.78	41.6	1 : 42.000	Tidak	1 : 70.000	Tidak	1 : 110.000	Tidak
2	8	-	-	-	-	-	-	-	-
3	9	-	-	-	-	-	-	-	-
4	13	-	-	-	-	-	-	-	-
5	17	-	-	-	-	-	-	-	-
6	19	-	-	-	-	-	-	-	-
7	21	-	-	-	-	-	-	-	-
8	23	-	-	-	-	-	-	-	-
9	27	-	-	-	-	-	-	-	-
10	31	-	-	-	-	-	-	-	-
11	35	-	-	-	-	-	-	-	-
12	39	0.20	0.4	1 : 1000	Ya	1 : 1000	Ya	1 : 1000	Ya
13	41	0.18	0.4	1 : 1000	Ya	1 : 1000	Ya	1 : 1000	Ya
14	43	0.19	0.4	1 : 1000	Ya	1 : 1000	Ya	1 : 1000	Ya
15	47	0.19	0.4	1 : 1000	Ya	1 : 1000	Ya	1 : 1000	Ya
16	51	0.20	0.4	1 : 1000	Ya	1 : 1000	Ya	1 : 1000	Ya
17	55	0.21	0.4	1 : 1000	Ya	1 : 1000	Ya	1 : 1100	Ya
18	59	0.18	0.4	1 : 1000	Ya	1 : 1000	Ya	1 : 1000	Ya
19	63	0.18	0.4	1 : 1000	Ya	1 : 1000	Ya	1 : 1000	Ya
20	67	0.20	0.4	1 : 1000	Ya	1 : 1000	Ya	1 : 1100	Ya
21	71	0.27	0.5	1 : 1000	Ya	1 : 1000	Ya	1 : 1400	Ya
22	74	-	-	-	-	-	-	-	-

Pada tabel diatas dapat dilihat bahwa polinomial orde 3 dapat digunakan untuk pembuatan peta skala 1:5000 kelas 1, kelas 2, dan kelas 3. Polinomial orde 3 sangat baik untuk pembuatan peta skala 1:5000, karena pada tabel diatas dapat dilihat bahwa skala citra yang dihasilkan dapat memiliki ketelitian geometris yang tinggi.

Pada tabel diatas, dapat dilihat juga nilai optimal jumlah GCP pada polinomial orde 3 *Rational Function* terdapat pada model 13 dengan jumlah GCP sebanyak 41 buah.

Dapat dilihat dari ketiga polinomial yang digunakan, ketelitian secara geometris yang dihasilkan dapat digunakan untuk pembuatan peta skala 1:1000. Namun dikarenakan bahan yang digunakan (citra dan DEM) hanya disyaratkan untuk pembuatan peta skala 1:5000 (SNI 8202:2015), maka skala peta maksimal yang yang dihasilkan akan tetap bernilai 1:5000.

Dari ketiga hasil diatas, hubungan polinomial orde 1, 2, dan 3 dengan kelas ketelitian peta secara geometris dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 4.11 Hubungan Polinomial Orde 1, 2, Dan 3 dengan Kelas Ketelitian Peta Secara Geometris

(Sumber: Hasil Analisa, 2016)

	Kelas 3 (0.5mm x Skala Peta)	Kelas 2 (0.3mm x Skala Peta)	Kelas 1 (0.2mm x Skala Peta)
Orde 1	1 : 3.000 - 1 : 4.500	1 : 5.000 - 1 : 7.000	1 : 7.500 - 1 : 11.000
Orde 2	1 : 1.500 - 1 : 2.000	1 : 2.500 - 1 : 3.500	1 : 3.500 - 1 : 5.000
Orde 3	1 : 1000	1 : 1000	1 : 1000 - 1 : 1500
Data disimpulkan dari 74 Titik Pengukuran Lapangan, dan resolusi spasial citra 0.5 meter			

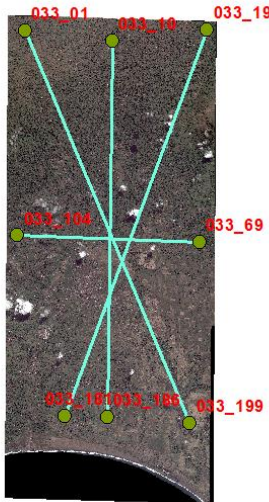
#### **4.8 Analisa Ketelitian Jarak dan Uji Statistik T-Test**

Uji-t adalah jenis pengujian statistika untuk mengetahui apakah ada perbedaan dari nilai yang diperkirakan dengan nilai hasil perhitungan statistika dan digunakan pada data ukur, bukan data nominal maupun ordinal. Uji t pada dasarnya menunjukkan seberapa jauh pengaruh satu variabel bebas secara individual dalam menerangkan variasi variabel terikat.

Ketelitian objek pada peta citra dilakukan secara komparatif dengan cara membandingkan data hasil pengukuran jarak di peta citra terhadap data hasil pengukuran jarak di lapangan (Rudianto, 2011). Ketelitian jarak pada citra dinyatakan dalam nilai RMS error jarak.

Terdapat 4 sampel jarak yang akan ditentukan ketelitiannya yaitu :

1. Jarak yang terbentang dari utara ke selatan yang diwakili oleh titik 033\_10 dan 033\_186.
2. Jarak yang terbentang dari barat ke timur yang diwakili oleh titik 033\_104 dan 033\_69.
3. Jarak yang terbentang dari pojok kiri atas citra ke pojok kanan bawah citra yang diwakili oleh titik 033\_1 dan 033\_199
4. Jarak yang terbentang dari pojok kanan atas citra ke pojok kiri bawah citra yang diwakili oleh titik 033\_19 dan 033\_181



Gambar 4.41 Sampel Jarak pada uji ketelitian jarak

(Sumber : Hasil Analisa, 2016)

Analisis ketelitian jarak berfungsi untuk lebih mengetahui apakah ada perbedaan perubahan skala pada sumbu X atau sumbu Y ketika proses ortorektifikasi atau memiliki perubahan yang sama antara sumbu X dan sumbu Y.

Pada penilitan ini, analisa jarak hanya akan dilakukan pada model terbaik dari setiap orde, yaitu pada orde 1 pada model 3

dengan penggunaan 9 GCP, orde 2 pada model 7 dengan penggunaan 21 GCP, orde 3 pada model 13 dengan penggunaan 41 GCP.

Berikut adalah data perbandingan hasil pengukuran jarak pada peta citra dan data hasil pengukuran jarak di lapangan :

Tabel 4.12 Jarak Hasil Perhitungan

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Posisi	Point	X	Y	Posisi	Point	X	Y	Jarak Hitungan (m)
Kiri Atas	033_1	738809.006	9127752.214	Kanan bawah	033_199	756015.726	9086682.841	44528.2451
Kanan Atas	033_19	757890.451	9127701.3	Kiri bawah	033_181	743014.811	9087283.744	43068.12625
Utara	033_10	748002.361	9126615.904	Selatan	033_186	747432.896	9087215.398	39404.62109
Barat	033_104	738037.383	9106231.478	Timur	033_69	756987.76	9105540.307	18962.97724

Tabel 4.13 Nilai RMSE Jarak Model 3 dengan 9 GCP Orde 1

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Posisi	Posisi	Jarak Hitungan	Jarak di Citra	RMS Error
Kiri Atas	Kanan bawah	44528,245	44526,697	1,548
Kanan Atas	Kiri bawah	43068,126	43067,945	0,181
Tengah Atas	Tengah Bawah	39404,621	39403,737	0,884
Kiri	Kanan	18962,977	18963,818	0,841
Rata2 RMS Error				0,864

Tabel 4.14 Nilai RMSE Jarak Model 7 dengan 21 GCP Orde 2

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Posisi	Posisi	Jarak Hitungan	Jarak di Citra	RMS Error
Kiri Atas	Kanan bawah	44528,245	44528,530	0,285
Kanan Atas	Kiri bawah	43068,126	43067,693	0,433
Tengah Atas	Tengah Bawah	39404,621	39405,227	0,606
Kiri	Kanan	18962,977	18963,329	0,352
Rata2 RMS Error				0,419

Tabel 4.15 Nilai RMSE Jarak Model 13 dengan 41 GCP Orde 3  
(Sumber : Hasil Perhitungan)

Posisi	Posisi	Jarak Hitungan	Jarak di Citra	RMS Error
Kiri Atas	Kanan bawah	44528,245	44528,596	0,351
Kanan Atas	Kiri bawah	43068,126	43068,516	0,390
Tengah Atas	Tengah Bawah	39404,621	39404,765	0,144
Kiri	Kanan	18962,977	18962,874	0,103
Rata2 RMS Error				0,247

Dari tabel diatas, dapat dilihat bahwa hasil RMSE jarak terkecil terdapat pada model 13 dengan penggunaan 41 GCP menggunakan pada polynomial orde 3, dengan RMSE Error sebesar 0.247 meter.

Kemudian akan dilakukan uji statistik *t-test* untuk menguji apakah tingkat ketelitian jarak pada citra hasil ortorektifikasi memenuhi ketelitian berdasarkan uji statistik *t-test*. Jarak yang diuji yaitu jarak pada posisi barat citra (titik 033\_104) ke posisi timur citra (titik 033\_69), dengan hipotesis yang akan diuji adalah sebagai berikut:

- $H_0$  : Tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara hasil pengukuran jarak dari data acuan dengan hasil pengukuran jarak dari dijitasi citra, atau  $H_0$  adalah ukuran yang terdapat didalam batas  $x_1 \leq \mu \leq x_2$ .
- $H_a$  : Terdapat perbedaan yang signifikan antara hasil pengukuran luas dari data acuan dengan hasil pengukuran jarak dari data acuan dengan hasil pengukuran jarak dari dijitasi citra, atau  $H_a$  merupakan ukuran yang berada di luar batas ukuran yang terdapat pada  $H_0$ .

Jika digunakan  $\alpha=5\%$  dan derajat kebebasan 2 ( $n = 3$ ), maka didapat :

$t_{\gamma, 1/2\alpha} = t_{1, 0.05} = 4,303$  (dari tabel student *t-test*). Dengan metode uji dari dua sisi (*two sided test*) dihitung :

$$X_1 = \mu - ((t_1, 0.05 * \sigma_x)/\sqrt{2}) = \mu - ((4,303 * 0.25)/\sqrt{2}) = \mu - 0,761$$

$$X_2 = \mu + ((t_1, 0.05 * \sigma_x)/\sqrt{2}) = \mu + ((4,303 * 0.25)/\sqrt{2}) = \mu + 0,761$$

Jika digunakan  $\alpha=10\%$  dan derajat kebebasan 2 ( $n=3$ ), maka didapat :

$t_{\gamma, 1/2\alpha} = t_{2, 0.05} = 2,290$  (dari tabel student t-test). Dengan metode uji dari dua sisi (*two sided test*) dihitung :

$$X_1 = \mu - ((t_1, 0.05 * \sigma_x)/\sqrt{2}) = \mu - ((2,290 * 0.25)/\sqrt{2}) = \mu - 0,516$$

$$X_2 = \mu + ((t_1, 0.05 * \sigma_x)/\sqrt{2}) = \mu + ((2,290 * 0.25)/\sqrt{2}) = \mu + 0,516$$

Berikut merupakan pengujian sampel jarak dari barat citra (titik 033\_104) ke posisi timur citra (titik 033\_69) pada  $\alpha=5\%$  dan  $\alpha=10\%$ .

Tabel 4.16 Hasil Uji t-test pada Sampel Jarak barat (titik 033\_104) ke timur (titik 033\_69) pada  $\alpha=5\%$

(Sumber : Hasil Analisa, 2016)

Model	x	X1	X2	Keterangan
3	18963.818	18962.217	18963.738	Ditolak
7	18963.329	18962.217	18963.738	Diterima
13	18962.874	18962.217	18963.738	Diterima

Tabel 4.17 Hasil Uji t-test pada Sampel Jarak Barat (titik 033\_104) ke Timur (titik 033\_69) pada  $\alpha=10\%$

(Sumber : Hasil Analisa, 2016)

Model	x	X1	X2	Keterangan
3	18963.818	18962.461	18963.493	Ditolak
7	18963.329	18962.461	18963.493	Diterima
13	18962.874	18962.461	18963.493	Diterima

Dari perhitungan model 3, 7 dan 13 dengan  $\alpha=5\%$ , terdapat 1 hasil yang berada di luar ukuran yang berarti  $H_0$  ditolak ( $H_a$  diterima) pada pengujian sampel jarak barat ke timur pada model 3.

Dari perhitungan model 3, 7 dan 13 dengan  $\alpha = 10\%$ , terdapat 1 hasil yang berada di luar ukuran yang berarti  $H_0$  ditolak ( $H_a$  diterima) pada pengujian sampel jarak barat ke timur pada model 3.

Sehingga dapat disimpulkan bahwa walaupun model terbaik untuk pembuatan peta skala 1:5000 terdapat pada model 13 dengan penggunaan GCP sebanyak 41 titik dan menggunakan orde polinomial 3, namun untuk jumlah GCP optimal cukup menggunakan model 7 dengan penggunaan 21 GCP dengan orde polinomial 2.

Dari kesimpulan tersebut, dapat dilihat bahwa biaya dan waktu dalam melakukan pekerjaan ini dapat berkurang dari yang awalnya membutuhkan 41 titik pengukuran menjadi jumlah yang optimal 21 titik pengukuran. Sehingga ketika dikalkulasi secara kasar, kita dapat menghemat biaya  $\pm 20$  juta rupiah (4 titik perhari x 5 hari x 4 juta).

#### **4.9 Analisa Citra Hasil Ortorektifikasi**

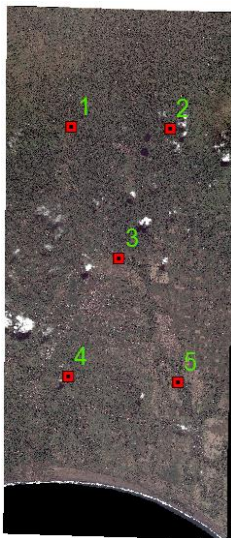
Pada analisa citra hasil ortorektifikasi berikut, akan digunakan model 7 dengan penggunaan GCP sebanyak 21 titik, yang pada penjelasan sebelumnya didapat bahwa model 7 dengan polinomial orde 2 model optimal dalam toleransi pembuatan peta skala 1 : 5000.

Pada analisa berikut akan disajikan beberapa perbedaan yang signifikan antara citra sebelum dilakukan ortorektifikasi dengan citra setelah dilakukan ortorektifikasi.

##### **4.9.1 Perubahan Size Pixel Citra**

Pada hasil ortorektifikasi, pixel citra akan bertransformasi (translasi, rotasi, skala) sehingga dimungkinkan akan ada perubahan ukuran pixel. Perubahan pixel tersebut dapat saja membenarkan ukuran pixel menjadi 0,5 meter (resolusi spasial citra) atau malah menjauhi ukuran 0,5 meter. Berikut perubahan ukuran pixel setelah dilakukan proses ortorektifikasi yang didapat dari 5 sampel titik.





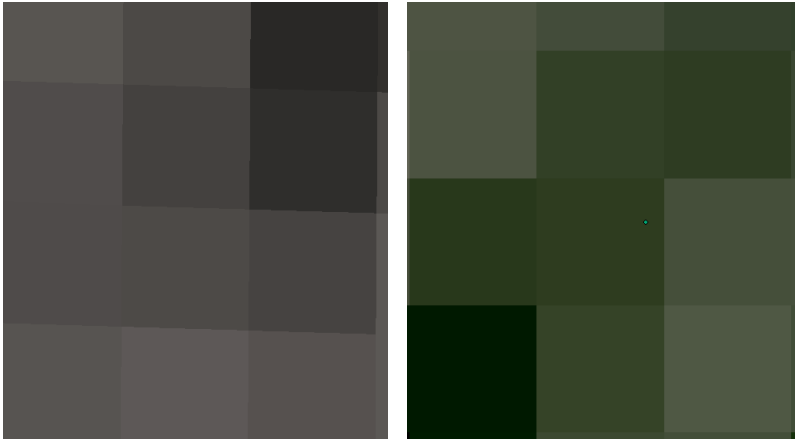
Gambar 4.42 Persebaran Titik Sampel  
(Sumber : Hasil Analisa, 2016)

Tabel 4.18 Perbandingan Ukuran Pixel Sebelum dan Sesudah Ortorektifikasi  
(Sumber : Hasil Analisa, 2016)

Titik Sampel	Besar Pixel (m)	
	Sebelum Ortorektifikasi	Setelah Ortorektifikasi
1	0,543084	0,500152
2	0,543824	0,500064
3	0,543599	0,499870
4	0,543468	0,500064
5	0,543985	0,500011
Rata-Rata	0,543592	0,500032

Dari tabel diatas didapat bahwa setelah ortorektifikasi, ukuran pixel menjadi lebih mendekati nilai pixel yang sebenarnya  $\approx 0,5$

meter dengan selisih nilai 0,032 milimeter dari nilai pixel yang seharusnya.

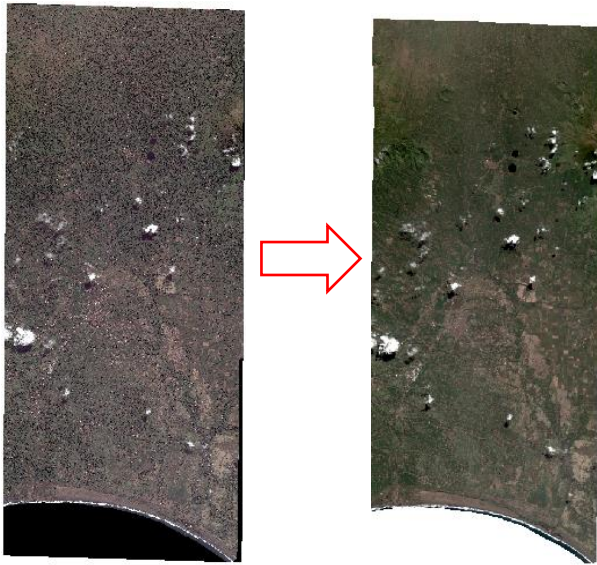


Gambar 4.43 Perbedaan Bentuk Pixel Sebelum dan Sesudah Ortorektifikasi  
(Sumber : Hasil Analisa, 2016)

#### **4.9.2 Hilangnya Objek Perairan (Lautan)**

Pada proses ortorektifikasi, citra resolusi tinggi akan dikombinasikan dengan data DEM. DEM dengan ketinggian 0 meter memiliki indikasi bahwa wilayah tersebut merupakan daerah perairan (danau, sungai, laut). Pada citra hasil ortorektifikasi, bagian perairan pada citra secara otomatis akan terpotong sehingga hanya menyisakan objek daratan.

Perubahan tersebut dapat dilihat pada gambar berikut.

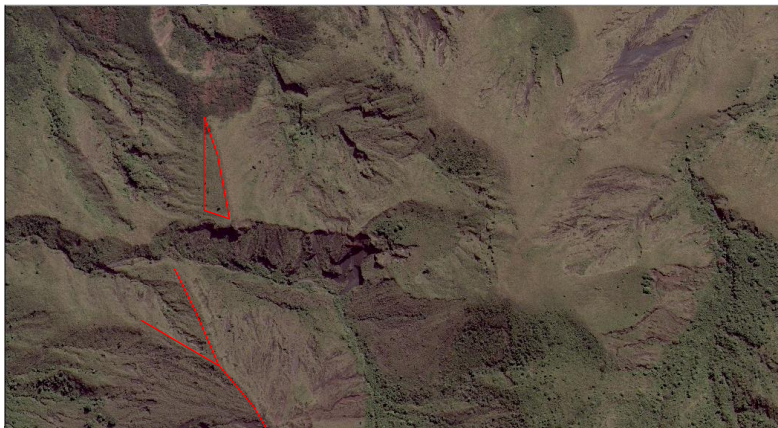


Gambar 4.44 Perubahan Citra Sebelum dan Sesudah Ortorektifikasi dengan Hilangnya Objek Lautan  
(Sumber : Hasil Analisa, 2016)

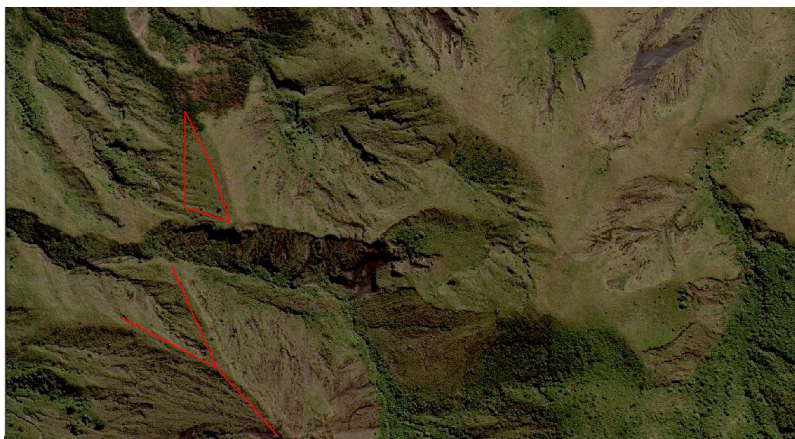
#### **4.9.3 Pergeseran Posisi Pixel Citra**

Pada Proses Ortorektifikasi, terdapat proses rektifikasi yaitu suatu proses melakukan transformasi data dari satu sistem grid menggunakan suatu transformasi geometrik. Didalam proses transformasi tersebut terdapat variabel pergeseran (Translasi), Perputaran (Rotasi), dan Skala. Oleh karena posisi piksel pada citra output tidak sama dengan posisi piksel input (aslinya).

Perubahan posisi objek pada citra dikarenakan proses ortorektifikasi citra dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 4.45 Bentuk Relief Citra Sebelum Ortorektifikasi  
(Sumber : Hasil Analisa, 2016)



Gambar 4.46 Perubahan Relief Citra Setelah Ortorektifikasi  
(Sumber : Hasil Analisa, 2016)

Dapat dilihat pada citra hasil ortorektifikasi diatas, bahwa bentuk relief permukaan tanah akan lebih nampak timbul dikarenakan adanya data DEM dan menyebabkan kunci

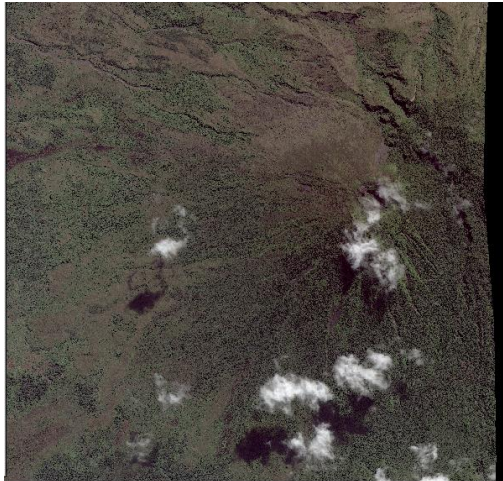
interpretasi (Rona atau warna, Ukuran, Bentuk, Tekstur, Pola, Tinggi, Bayangan) citra semakin menonjol.

#### **4.9.4 Timbulnya Objek dengan Ketinggian Tinggi**

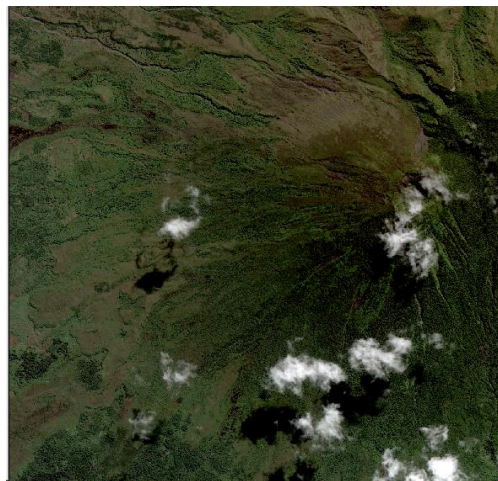
Setelah dilakukan proses ortorektifikasi, kenampakan alam yang tinggi seperti gunung akan terlihat jelas perubahannya.

Gunung yang awalnya rebah/landai pada citra akan nampak tertarik dan mengerucut setelah dilakukan ortorektifikasi diakrenakan pixel yang memiliki ketinggian tinggi akan tertarik. Sehingga gunung yang awalnya rebah akan terangkat sesuai ketinggian data DEM.

Perubahan bentuk tersebut dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 4.47 Objek Gunung Yang Terlihat Rebah Sebelum Proses  
Ortorektifikasi  
(Sumber : Hasil Analisa, 2016)



Gambar 4.48 Objek Gunung yang Terangkat/ Timbul setelah Proses  
Ortorektifikasi  
(Sumber : Hasil Analisa, 2016)

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

Adapun beberapa hal yang bisa disimpulkan dari penelitian ini adalah :

1. Pada proses ortorektifikasi, agar nilai RMSE GCP  $\leq 2,5m$  dapat digunakan jumlah GCP sebanyak 8 GCP dengan polinomial orde 1
2. Pada proses ortorektifikasi penambahan jumlah GCP yang berlebihan tidak merubah skala peta yang dihasilkan secara signifikan. Untuk proses ortorektifikasi orde 1, GCP optimal yang digunakan sebanyak 9 GCP, orde 2 sebanyak 21 GCP, dan orde 3 sebanyak 41 GCP.
3. Didapatkan hubungan orde polinomial yang digunakan dengan skala citra yang dihasilkan ialah pada orde 1 dapat digunakan untuk pembuatan peta skala 1:3000 - 1:11000, orde 2 dapat digunakan untuk pembuatan peta skala 1:1500 – 1:5000, orde 3 dapat digunakan untuk pembuatan peta skala  $\leq 1:1500$ . Skala tersebut bervariasi tergantung kelas ketelitian peta yang digunakan.
4. Walaupun model terbaik dalam ketelitian geometrik terdapat pada model 13 dengan penggunaan GCP sebanyak 41 titik dan menggunakan orde polynomial 3. Namun untuk pembuatan peta skala 1:5000, cukup menggunakan model 7 dengan penggunaan 21 GCP dengan orde polynomial 2.

#### **5.2 Saran**

Adapun beberapa saran yang bisa disampaikan dari penelitian ini adalah :

1. Untuk penelitian selanjutnya, disarankan untuk menggunakan beberapa scene citra sekaligus pada proses ortorektifikasi.

2. Untuk penelitian selanjutnya, dapat digunakan berbagai metode pengolahan data citra yang lain untuk mendapatkan hasil yang paling optimal.
3. Untuk penelitian selanjutnya, dapat digunakan jumlah GCP yang sama, namun dengan pengambilan metode dan durasi yang berbeda untuk menganalisa ketelitian geometrik citra hasil yang dihasilkan



## DAFTAR PUSTAKA

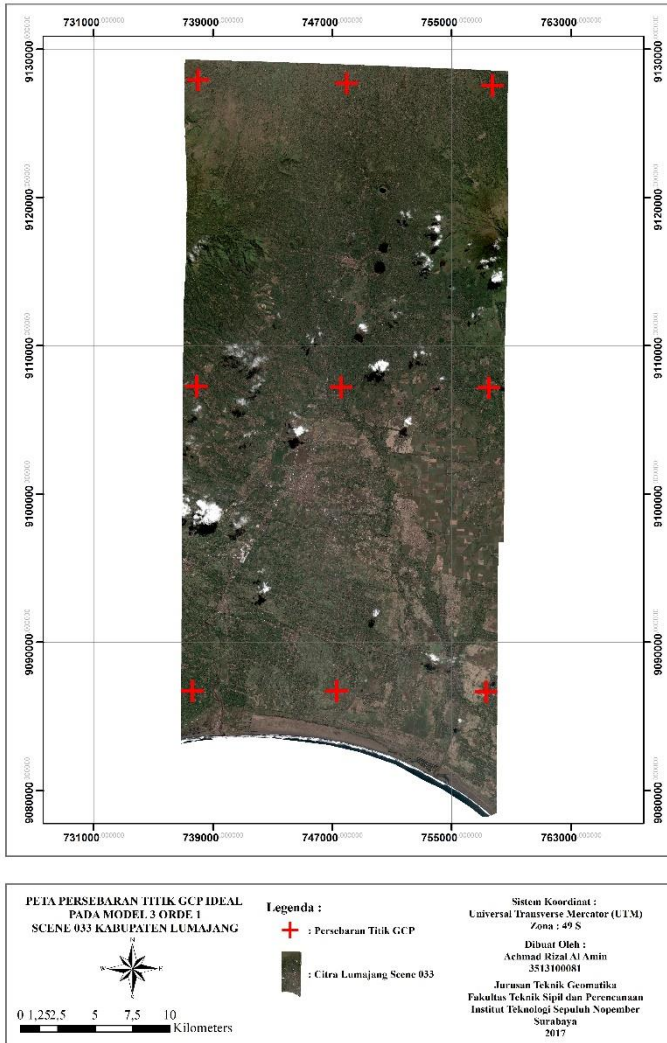
- Abidin, H. Z. 1995. Penentuan Posisi Dengan GPS dan Aplikasinya. Jakarta: Pradnya Paramita.
- Airbus Defence & Space. Tanpa Tahun. Pleiades-1A Satellite Sensor(0.5m),  
<URL:<http://www.satimagingcorp.com/satellite-sensors/pleiades-1/>>. Dikunjungi pada tanggal 26 September 2016, jam 21.52 BBWI.
- Airbus Defence and Space Geo-Intelligence Programme Line. 2014. TerraSAR-X Image Product Guide. London.
- Badan Informasi Geospasial (BIG). 2015. Aspek Perpetaan Untuk Penyusunan Rencana Detail Tata Ruang (RDTR). Cibinong.
- Badan Standarisasi Nasional. 2015. Ketelitian Peta Dasar. Dewan Standarisasi Indonesia. Jakarta.
- Danoedoro, P. 1996. Pengolahan Citra Digital (Teori dan Aplikasi Dalam Penginderaan Jauh). Yogyakarta: Fakultas Geografi UGM
- ERDAS. 1999. ERDAS Field Guide. Atlanta, Georgia: ERDAS, Inc.
- Furqon, A. 2007. Analisis Kerapatan Vegetasi Menggunakan Forest Canopy Density (FCD) dan Radar Backscattering JERS-1 SAR. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Hasyim, A. W. 2009. Menentuan Titik Kontrol Tanah (GCP) dengan Menggunakan Teknik GPS dan Citra Satelit untuk Perencanaan Perkotaan. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

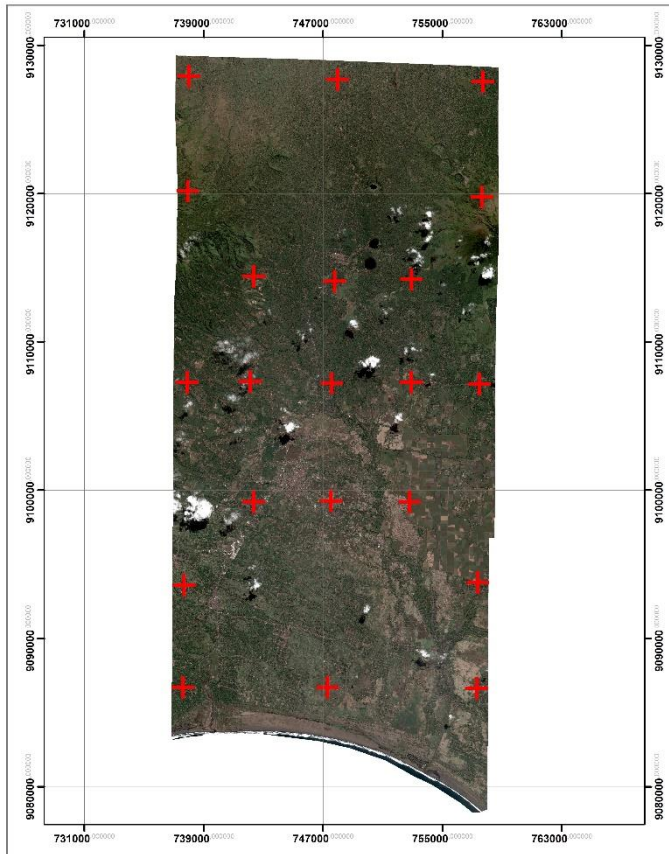
- Kaichang Di, Ruijin Ma, and Rong Xing Li. 2003. "Rational Functions and Potential for Rigorous Sensor Model Recovery". American : Department of Civil and Environmental Engineering and Geo-detic Science, The Ohio State University, Columbus, OH 43210 (li.282@osu.edu).
- Leksono, B.E, dan Susilowati, Y., 2008. The Accuracy Improvement of Spatial Data for Land Parcel and Building Taxation Objects by Using The Large Scale Ortho Image Data, FIG Working Week, Stockholen, Sweden.
- Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN). 2015, Spesifikasi Citra Satelit Pleiades, <URL: [pusfatekgan.lapan.go.id/wp-content/uploads/2015/02/Informasi-Satelit-Pleiades.pdf](http://pusfatekgan.lapan.go.id/wp-content/uploads/2015/02/Informasi-Satelit-Pleiades.pdf)>. Dikunjungi pada tanggal 26 September 2016, jam 21.33 BBWI.
- Lillesand, T. M. dan Kiefer, R. W., 2000. Remote Sensing and Image Interpretation, 4th ed. New York : Wiley & Sons.
- Purwadhi, F. dan Hardiyati, S., 2001. Interpretasi Citra Digital. Jakarta: PT. Gramedia Widiasarana Indonesia.
- Razieh , Enaami. Tanpa Tahun. "Geometric correction of satellite images through rational function models". IRAN: Geomatics College of National Cartographic Center (NCC).
- Rudianto, Bambang. 2011. "Analisis Pengaruh Sebaran Ground Control Point terhadap Ketelitian Objek pada Peta Citra Hasil Ortorektifikasi". Bandung : Institut Teknologi Nasional.

- Satria, Y. I. 2015. "Studi Jumlah Dan Distribusi Titik Kontrol Tanah Untuk Proses Rektifikasi Citra Resolusi Tinggi". Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Seeber, G. 2003. Satellite Geodesy, 2nd edition. New York: Walter de Gruyter Berlin.
- Sutanto. 1994. Penginderaan Jauh Jilid 2. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Tempfli, K. 1991. DTM and differential modeling. In : Proceedings ISPRS and OEEPE joint workshop on updating digital data by photogrammetric method. Oxford, England.
- Th. Toutin a, R. Chénier, Y. Carbonneau., 2002. "3D Models for High Resolution Images: Examples with Quickbird, Ikonos And Eros". Canada : Canada Centre for Remote Sensing.
- Turker, M. and A. O. Ok. Tanpa Tahun. "Comparison Of Different Mathematical Models On The Accuracy Of The Orthorectification Of Aster Imagery". Ankara, Turkey: Hacettepe University.

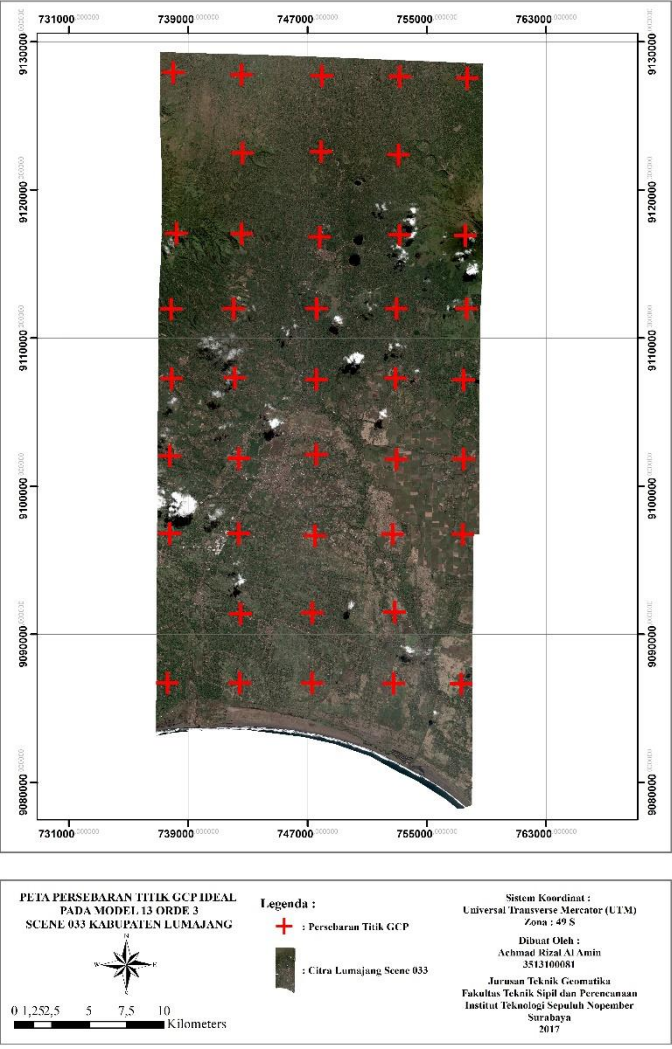
## LAMPIRAN

### Lampiran 1. Peta Sebaran Titik Ideal 9 GCP, 21 GCP, 41 GCP





<p><b>PETA PERSEBARAN TITIK GCP IDEAL PADA MODEL 7 ORDE 2 SCENE 033 KABUPATEN LUMAJANG</b></p> <div style="text-align: center;"> </div> <div style="text-align: center;"> <p>0 1,25,5 7,5 10 Kilometers</p> </div>	<p><b>Legenda :</b></p> <p><span style="color: red; font-weight: bold;">+</span> : Persebaran Titik GCP</p> <p> : Citra Lumajang Scene 033</p>	<p>Sistem Koordinat : Universal Transverse Mercator (UTM) Zona : 49 S</p> <p>Dibuat Oleh : Achmad Rizal Al Amin 3513100081</p> <p>Jurusan Teknik Geomatika Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya 2017</p>
--	--	--



Lampiran 2. Raw Data GPS

Point	Easting	Northing	Height	Description	RMSE Horizontal (m)	RMSE Vertikal (m)
1	738809.006	9127752.214	141.846	033_1	0.057	0.034
2	748002.361	9126615.904	216.309	033_10	0.014	0.021
3	742288.36	9104413.754	95.011	033_101	0.051	0.029
4	738287.349	9106566.365	278.960	033_103	0.070	0.07
5	738037.383	9106231.478	277.282	033_104	0.034	0.016
6	39585.422	9100657.132	121.810	033_109	0.058	0.065
7	739510.064	9099372.029	118.032	033_113	0.087	0.076
8	743288.509	9099478.62	96.290	033_117	0.110	0.065
9	747250.297	9099684.248	72.933	033_123	0.053	0.028
10	752251.084	9099155.168	56.720	033_126	0.084	0.087
11	756521.496	9099261.989	53.230	033_129	0.010	0.025
12	756721.375	9099145.121	52.792	033_132	0.142	0.194
13	756806.016	9093023.322	43.042	033_136	0.068	0.032
14	751750.422	9093830.011	49.280	033_147	0.071	0.057
15	747135.801	9093152.925	64.451	033_154	0.024	0.057
16	751825.544	9126058.747	222.507	033_16	0.010	0.018
17	742449.006	9092651.911	93.206	033_162	0.008	0.02
18	738771.488	9092897.532	129.589	033_165	0.012	0.02
19	738179.606	9093325.678	136.625	033_167	0.012	0.02
20	756867.567	9128276.892	192.207	033_18	0.061	0.048
21	743014.811	9087283.744	51.839	033_181	0.031	0.039
22	747432.896	9087215.398	37.287	033_186	0.063	0.042
23	757890.451	9127701.3	209.424	033_19	0.013	0.033
24	751673.786	9086553.471	36.502	033_194	0.006	0.016
25	756015.726	9086682.841	38.659	033_199	0.006	0.016
26	739367.678	9127556.891	141.156	033_2	0.008	0.02
27	756101.452	9121568.171	489.890	033_22	0.006	0.013
28	756276.724	9121327.684	522.431	033_23	0.040	0.051
29	753703.488	9120613.496	409.822	033_28	0.011	0.022
30	749084.804	9120375.318	294.324	033_32	0.006	0.01

<b>Point</b>	<b>Easting</b>	<b>Northing</b>	<b>Height</b>	<b>Description</b>	<b>RMSE Horizontal (m)</b>	<b>RMSE Vertikal (m)</b>
31	743844.083	9120362.208	404.895	033_35	0.019	0.024
32	738842.584	9118603	884.434	033_40	0.009	0.016
33	739124.63	9118776.919	871.341	033_41	0.008	0.02
34	739529.856	9113171.015	574.005	033_44	0.008	0.02
35	740019.166	9112972.198	529.580	033_45	0.011	0.029
36	743617.421	9113874.014	190.682	033_49	0.011	0.041
37	742854.553	9126869.635	138.041	033_5	0.005	0.01
38	747353.139	9114184.264	210.522	033_54	0.004	0.006
39	750384.149	9113504.393	234.897	033_59	0.002	0.005
40	754593.845	9113570.725	336.661	033_62	0.009	0.018
41	756987.76	9105540.307	113.883	033_69	0.008	0.011
42	757559.469	9104348.349	97.751	033_73	0.005	0.012
43	751334.206	9105910.988	87.081	033_80	0.005	0.015
44	747819.34	9105342.242	68.443	033_87	0.011	0.017
45	742392.031	9124379.146	293.578	033_ICP_03	0.091	0.081
46	745629.745	9123992.869	236.955	033_ICP_05	0.013	0.02
47	749916.986	9123438.885	265.138	033_ICP_06	0.083	0.073
48	754957.973	9122315.757	435.249	033_ICP_10	0.075	0.037
49	752839.611	9116705.897	380.903	033_ICP_14	0.132	0.19
50	749420.584	9116164.255	244.845	033_ICP_16	0.012	0.026
51	746274.743	9116604.263	236.620	033_ICP_19	0.014	0.024
52	743954.574	9117699.887	346.655	033_ICP_20	0.172	0.242
53	742333.202	9108887.331	161.581	033_ICP_22	0.037	0.064
54	744599.573	9109824.053	117.587	033_ICP_23	0.010	0.02
55	742262.016	9102357.956	89.752	033_ICP_25	0.006	0.013
56	745683.623	9102031.889	120.541	033_ICP_28	0.012	0.038
57	750258.301	9102350.513	61.715	033_ICP_30	0.009	0.016
58	754917.861	9102102.357	58.894	033_ICP_31	0.010	0.017
59	753256.569	9095209.891	48.611	033_ICP_34	0.138	0.121
60	750090.4	9096486.564	57.057	033_ICP_35	0.005	0.013



<b>Point</b>	<b>Easting</b>	<b>Northing</b>	<b>Height</b>	<b>Description</b>	<b>RMSE Horizontal (m)</b>	<b>RMSE Vertikal (m)</b>
61	744608.959	9096095.362	88.800	033_ICP_38	0.010	0.019
62	740663.785	9095881.01	133.229	033_ICP_40	0.005	0.008
63	740941.596	9090499.975	91.055	033_ICP_42	0.006	0.014
64	744746.314	9090402.184	65.427	033_ICP_43	0.027	0.061
65	749880.772	9089553.513	43.690	033_ICP_44	0.011	0.018
66	753282.401	9089497.044	42.353	033_ICP_47	0.011	0.013
67	756220.621	9101694.439	61.924	082_82	0.148	0.068
68	758363.005	9112213.605	342.447	085_26	0.012	0.022
69	756242.622	9113108.876	375.992	085_59	0.018	0.041
70	755327.41	9112325.003	302.926	085_61	0.071	0.043
71	758493.762	9108419.665	164.406	085_74	0.058	0.105
72	757280.728	9109435.534	198.724	085_76	0.007	0.021
73	755779.632	9108883.512	186.158	085_78	0.098	0.03
74	755615.679	9102129.843	62.786	085_81	0.020	0.036

Lampiran 3. Informasi BIG tentang Aspek Perpetaan untuk  
Penyusunan Rencana Detail Tata Ruang (RDTR)

#### Lampiran 4. Peraturan SNI 8202-2015

Lampiran 5. CD

## BIOGRAFI PENULIS



Achmad Rizal Al Amin penulis dilahirkan di Bojonegoro, 17 Maret 1995, merupakan anak ketiga dari 4 bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di Kota Bojonegoro, SDN Pacul 3 Bojonegoro, SMP Plus Ar-Rahmat Bojonegoro, dan SMAN Model Terpadu Bojonegoro. Penulis kemudian melanjutkan pendidikan tinggi di Institut Teknologi Sepuluh Nopember dan mengambil Jurusan Teknik Geomatika pada tahun 2013. Selama menjadi mahasiswa, penulis cukup aktif di organisasi intra

kampus yaitu sebagai staff departemen Sosial Masyarakat (SOSMAS) di Badan Eksekutif Mahasiswa (BEM) FTSP dan Staff Badan Perwakilan Mahasiswa (BPM) Himpunan Mahasiswa Geodesi (HIMAGE) ITS periode 2014-2015 dan menjadi staff ahli departemen Sosial Masyarakat (SOSMAS) di Badan Eksekutif Mahasiswa (BEM) FTSP Periode 2015-2016. Penulis juga aktif mengikuti pelatihan keterampilan manajemen mahasiswa seperti LKMM PRA-TD 2013. Selain itu penulis juga telah memiliki banyak pengalaman dilapangan seperti kegiatan survei topografi, *stake-out* data, survey GPS, fotogramteri jarak dekat, dan survey bathimetri di pulau jawa maupun diluar pulau jawa. Dalam penyelesaian syarat kuliah, penulis memilih tugas akhir dengan Judul “Optimasi Sebaran Titik GCP Dan ICP pada Proses Ortorektifikasi Citra Resolusi Tinggi untuk Pembuatan Peta Skala 1:5.000 (Studi Kasus: 1 Scene Citra Pleiades 033 Lumajang)”. Jika ingin menghubungi penulis dapat menghubungi email: rizalgeomatics13@gmail.com.